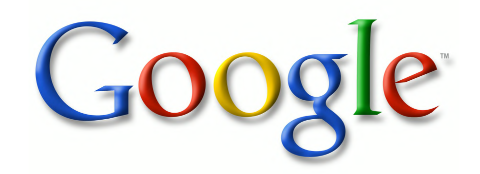


Jahrbuch

der

Erfindungen

und

Fortschritte auf den Gebieten

der

Physik und Chemie, der Technologie und Mechanik, der Astronomie und Meteorologie.

Herausgegeben von

Bergrath Dr. H. Gretschel, Professor an der Königl. Berg-akademie in Freiberg,

und

Reg.-Rath Dr. G. Wunder, Director der Techn. Staatslehr-anstalten in Chemnitz.

Sechszehnter Jahrgang.



Mit 36 Holzschnitten im Text.

Leipzig
Verlag von Quandt & Händel.
1880.

Inhaltsübersicht.

Astronomie.

Physik und Meteorologie.

Chemie und chemische Technologie.

Berichtigungen.

Seite 13, Z. 24 v. oben lies 299 944 ± 50 statt 299 954 ± 50;
„ 14 ist für die aus dem Todd'schen Werthe der Sonnenparallaxe berechnete Entfernung der Erde von der Sonne zu setzen 23417,9 Erdhalbmesser oder 149,345 Mill. Kilometer = 20,13 Mill. geogr. Meilen;
„ 135, Z. 1 v. unten lies Nature XXI, p. 94, 120 u. 226.

Jahrbuch der Erfindungen.

I.

Astronomie.

Einen auffallenden Charakterzug der Astronomie unserer Tage bildet das von Jahr zu Jahr stärkere Hervortreten der Pflege astrophysikalischer Forschungen. Wohl haben sich auch früher schon Einzelne mit der Beobachtung der physischen Beschaffenheit der Körper unseres Sonnensystems beschäftigt, aber es waren das meist Liebhaber der Astronomie; seitens der Fachmänner geschah es nur gelegentlich, sie sahen in der Ermittelung der Oerter der Himmelskörper, ihrer Bewegungen und was damit zusammenhängt, überhaupt in Lösung der Fragen der Mechanik des Himmels ihre Hauptaufgabe. Das ist nun in den letzten Jahrzehnten wesentlich anders geworden. In der Photographie einestheils und dem Spectroskop anderntheils sind dem beobachtenden Astronomen ein paar neue Hilfsmittel an die Hand gegeben, welche über die physische Beschaffenheit, ja selbst über die chemische Natur der Weltkörper Aufschlüsse geben, die man früher nicht für möglich gehalten hätte; und gleichzeitig gewähren auch diese Methoden eine Sicherheit und Genauigkeit, die sie den früheren messenden Methoden würdig zur Seite stellen. Konnte sonach auch kein Zweifel darüber herrschen, daß die neuere Astrophysik mit ihren vervollkommneten Hilfsmitteln der älteren astronomischen Beobachtungskunst und den sinnreichen analytischen Methoden der Mechanik des Himmels völlig ebenbürtig ist, so zeigte sich doch anderntheils, daß die älteren Sternwarten nicht im Stande seien, mit der für einen sichern Erfolg nothwendigen Consequenz neben ihren früheren Arbeiten auch der Pflege der neuen Disciplin ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden. Denn das Studium der physischen Beschaffen-

heit der Himmelskörper erfordert nicht nur bedeutende Arbeitskräfte, sondern auch beträchtliche instrumentelle Hilfsmittel und macht physikalische und chemische Arbeiten nöthig, für welche die früheren Sternwarten nicht eingerichtet sind. Deshalb hat man schon seit längerer Zeit, und zwar zuerst behufs Untersuchung der Sonne, nachher aber für astrophysikalische Beobachtungen verschiedenster Art, besondere Sternwarten eingerichtet. Zunächst waren es Privatleute, die hier mit gutem Beispiele vorangingen, und um die Bedeutung solcher Privatsternwarten zu beleuchten, sei nur flüchtig an die mehrfach in diesem Jahrbuche erwähnten Arbeiten von Vogel und Lohse an der Sternwarte des Kammerherrn von Bülow bei Bothkamp erinnert. Die Regierungen folgten nach, und insbesondere Frankreich hat seit mehreren Jahren zu Meudon ein unter Leitung des Akademikers Janssen stehendes trefflich eingerichtetes Observatorium für astrophysikalische Forschungen. Seit vorigem Herbst besitzt nun auch Deutschland ein derartiges Institut, nämlich

das astrophysikalische Observatorium bei Potsdam.[1])

Schon Anfang der sechsziger Jahre wurde der Plan angeregt, in der Nähe von Berlin eine „Sonnenwarte" zu errichten, d. h. ein Observatorium, welches vorzugsweise der physikalischen Untersuchung des Sonnenkörpers dienen sollte. Die Sache zerschlug sich aber damals unter der Ungunst der Verhältnisse, und als das Project im Jahre 1871 von Neuem auftauchte, wurde der Aufgabenkreis des zu errichtenden Instituts wesentlich erweitert: man fand es nicht mehr angemessen, die Forschungen nur auf die Sonne zu beschränken, sondern beschloß, denselben das ganze Gebiet der Astrophysik zuzuweisen. Demgemäß machte eine im Sommer 1873 berufene Fachcommission dem preußischen Unterrichtsministerium Vorschläge über Errichtung eines „astrophysikalischen Observatoriums" auf dem Telegraphenberge bei Potsdam. Diese mit ihrer höchsten Kuppe sich ungefähr 95 Meter über den Nullpunkt des Amsterdamer Pegels erhebende Höhe führt ihren Namen deshalb, weil sich ehedem auf ihr eine Station der optischen Telegraphenlinie

1) „Die Bauausführung des Kgl. astrophysikal. Obs. auf dem Telegraphenberge bei Potsdam" (mit 2 Taf. Zeichnungen) von Spieker. Zeitschr. f. Bauwesen. XXIX, S. 33.

Berlin-Cöln befand. Die hohe Lage giebt diesem, von der Bahnstation der Berlin-Potsdamer Eisenbahn nur wenig über 1 Kilom. entfernten Punkte einen nach allen in Betracht kommenden Richtungen freien Horizont, und das ihn umgebende, in den Händen des Staats befindliche Forstgebiet hält jede störende Ansiedelung, wie sie sonst in der Nähe einer Großstadt zu befürchten ist, fern, während es zugleich durch seinen Aufwuchs die für die Beobachtungen so nachtheiligen Wärmestrahlungen verhütet.

Für die eigentlichen Observatorien wurde natürlich die höchste Stelle des verfügbaren Gebietes gewählt. Außerdem erforderte die Anstalt auch noch andere Baulichkeiten, um den an ihr wirkenden Fachgelehrten, ihren wissenschaftlichen und subalternen Hilfskräften in möglichster Nähe Wohnungen zu bieten, die aber zur Vermeidung mannichfacher Störungen nicht unmittelbar mit den Observatorien in Verbindung treten durften. So entstand ein Complex von Gebäuden, von dem zunächst drei, die Wohnhäuser für die beiden Observatoren, sowie dasjenige für die Assistenten und Hilfsarbeiter zur Ausführung gekommen sind, während der Bau des Director-Wohnhauses noch ausgesetzt blieb, da über die Besetzung der Directorstelle noch keine Entscheidung getroffen war.

Eine dritte Gruppe von Gebäuden wurde durch die Wasserversorgung veranlaßt. Da auf der sandigen Höhe selbst kein Wasser vorhanden, so wurde an der tiefsten Stelle des Anstaltsgebietes, in der nordöstlichen Ecke desselben, in einer Höhe von 74 Meter über dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels ein Tiefbrunnen angelegt. Zu ihm gehört außer dem Brunnenhaus und dem Gebäude für die Fördermaschine auch noch ein Wohnhaus für das Maschinenpersonal. Diese Gruppe von Baulichkeiten enthält auch noch eine kleine Fettgas-Bereitungsanstalt nach Pintsch'schem System. Es schien nämlich nicht nur im Interesse des sichern Verkehrs und der Ueberwachung des Anstaltsgebietes zur Nachtzeit eine gute Beleuchtung der Umgebung der Gebäude sowie der Wege geboten, sondern es wird auch zu vielen wissenschaftlichen Arbeiten in den Laboratorien Gas in beträchtlicher Menge consumirt.

Das Hauptgebäude steht ungefähr in der Mitte des eingefriedigten Anstaltsgebietes, die Wohnräume für das wissen-

schaftliche Personal nehmen zwischen diesem Gebäude und der Baugruppe der Brunnen- und Maschinenanlagen eine mittlere Stellung ein. Vorläufig unbenutzt bleibt ein großer Raum im Süden und Westen des Gebietes, der für künftige Anlagen, wie sie das stetig wachsende Arbeitsfeld eines solchen wissenschaftlichen Instituts naturgemäß bedingt, den nöthigen Platz bietet. Zunächst sind Anlagen für magnetische Beobachtungen in Aussicht genommen.

Das Hauptgebäude bildet eine Gruppe verschiedener Baukörper; es enthält zunächst den Nordflügel, dessen Längenachse in die Meridianlinie fällt, und an den an der nördlichen Schmalseite der Wasserthurm mit der Haupteingangshalle stößt, während sich auf der Mittagsseite der Südflügel mit dem Hauptbeobachtungsthurm quer vorlegt; an diesen Flügel stoßen beiderseits in der Verlängerung seiner ostwestlichen Hauptrichtung Verbindungshallen, die nach den auf der Ost- und Westseite anstoßenden Beobachtungsthürmen führen.

Der Nordflügel enthält in seinem Untergeschoß die Wohnung des Castellans, ein Wächterzimmer und die Räume für die Luftheizkörper des Hauptgeschosses, im Hauptgeschoß aber Bureau- und Arbeitsräume, und auf seinem flachen Dache erhebt sich ein Glashaus zur Anfertigung photographischer Vervielfältigungen. Im Wasserthurm befindet sich über der Eingangshalle ein Raum für das Druckbecken der Wasserversorgung und über diesem ein mit flachem, begehbarem Dach versehenes Zimmer für meteorologische Beobachtungen.

Die Mitte des Südflügels nimmt der Hauptbeobachtungsthurm ein, in welchem der größte Refractor des Observatoriums aufgestellt ist. Derselbe hat 29,8 Centim. Oeffnung und 5,4 Meter Brennweite. Sein Objectiv ist von Schröder in Hamburg, das Stativ von A. Repsold und Söhne geliefert. Dieses Instrument ist, um ihm einen festen, von äußeren Temperatur- und Witterungsverhältnissen nicht beeinflußten Stand zu geben auf einem mit den Umfassungsmauern des Gebäudes nicht in Verbindung stehenden Festpfeiler aufgestellt, der als Hohlkörper gestaltet ist und in welchem sich unterhalb des Beobachtungsraumes im Hauptgeschoß ein runder, zur Aufnahme von Büchern, Instrumenten ꝛc. dienender Kuppelsaal befindet.

Südlich vor dem Mittelthurm springt eine besondere Bau-

anlage vor, welche für den zur Aufnahme von Sonnenphotographien dienenden Heliographen bestimmt ist. Dieses Instrument ist auf einem Festpfeiler schräg montirt, dergestalt, daß das nach unten gekehrte Objectiv durch einen auf einer kleinen Fenstervorlage aufgestellten Heliostaten die Sonnenstrahlen empfängt, während das Ocular sich in einer oben eingebauten Dunkelkammer befindet. Das für die chemisch wirksamen Strahlen achromatisirte Objectiv, Herschel'scher Construction, von Schröder hat 16 Centim. Oeffnung und 4 Meter Brennweite. Zwei besondere Linsensysteme ermöglichen eine Vergrößerung des Focalbildes der Sonne bis auf 10 und 30 Centim. Durchmesser.

An den Hauptbeobachtungsthurm schließen sich im Südflügel im Hauptgeschoß östlich zwei Laboratorien für optische und allgemeinphysikalische, westlich solche für spectralanalytische und photographische Arbeiten an. Im Untergeschoß befinden sich östlich mechanische Werkstätten, westlich Laboratorien für gröbere chemische Arbeiten, Vorrathsraum für Droguen, Batteriekammer ꝛc. Gerade diese enge Verbindung von Laboratorien mit dem astronomischen Beobachtungsraum bildet einen Hauptunterschied zwischen der Anlage des astrophysikalischen Observatoriums und einer gewöhnlichen Sternwarte.

Der östliche Beobachtungsthurm ist mit keinem Festpfeiler versehen und enthält daher unterhalb des Beobachtungsraumes noch benutzbare Hohlräume, von denen der in dem Hauptgeschoß befindliche zu Sammlungen, der darunter gelegene aber zur Aufnahme der Normaluhr und provisorisch auch der magnetischen Variationsapparate dient. Durch einen abgeschlossenen Ringraum innerhalb der Umfassungsmauer und eine Erdumschüttung ist das letztere Local sehr gut thermometrisch isolirt.

Im westlichen Beobachtungsthurme befinden sich keine nutzbaren Hohlräume, da sein Innenraum bis auf den für die Treppe nöthigen Platz von dem in seiner Mitte errichteten Festpfeiler eingenommen wird, auf welchem der zweitgrößte Refractor seine Aufstellung gefunden hat. Derselbe ist von Grubb in Dublin gebaut und hat 20,3 Centim. Oeffnung und 3,2 Meter Brennweite.

Alle drei Beobachtungsthürme werden bedeckt durch drehbare Kuppeln mit verschließbarem Beobachtungs-Durchschnitten.

Beim Hauptthurm beträgt der Durchmesser der Kuppel 10 Meter, bei jedem der Seitenthürme 7 Meter.

An der Nordseite jedes der beiden Seitenthürme befindet sich noch ein quadratischer Vorraum mit Holzlaube zur Aufstellung von Thermographen und anderen meteorologischen Instrumenten.

Noch müssen wir über den Tiefbrunnen einige Angaben machen. Derselbe hat 3,5 Meter lichten Durchmesser bei 0,5 Meter Wandstärke über Wasser und 0,64 Meter unter Wasser. Die Oberkante des Brunnenschachtes liegt 42,6 Meter über dem mittleren Spiegel der Havel. Der Gedanke, diesen Brunnen zu physikalischen Beobachtungen zu benutzen, lag sehr nahe, und deshalb sind denn auch die dazu nöthigen Einrichtungen getroffen worden; wenn aber hin und wieder die Meinung Eingang gefunden hat, die ganze Brunnenanlage sei nur zu diesem Zwecke ausgeführt worden, so beruht dies auf einem Mißverständniß. In den Brunnen hinunter bis zum Wasserspiegel führt eine Wendeltreppe aus Sandstein. Von dieser aus gelangt man in einer Tiefe von 24 Meter unter Tage in eine unterirdische Seitenkammer, welche mit Einschluß eines 2 Meter langen Vorraumes etwa 8 Meter lang ist und in elliptischem Querschnitt 2 Meter größte Breite bei 2,75 Meter Höhe hat. Von Tag aus sind zwei senkrechte Röhren zur Zuführung von Luft und Licht, letzteres mittels Glaslinsen, angebracht. In die Brunnenwand sind ferner in verschiedenen Tiefen an geeigneten Stellen dicht verschließbare Kupferröhren eingesetzt, die etwa 1 Meter in das umgebende Erdreich reichen und zur Aufnahme von Thermometern bestimmt sind. Ueber Tage wird der Brunnen durch ein gemauertes, mit Fenstern und Glasdach versehenes Brunnenhäuschen bedeckt, in dessen Fußboden ein ungefähr 2 Meter im Durchmesser haltendes Oberlicht aus Rohglasplatten eingesetzt ist, das zur Beleuchtung des Brunnenraumes dient, ihn aber doch hermetisch abschließt. Dieser kleine Raum kann für gewisse physikalische Experimente, wie Pendel- und Fallversuche u. dergl. als Standpunkt dienen. Eine Klappe im Glasdach gestattet vorkommenden Falles Zenithbeobachtungen.

Zur Wasserentnahme aus dem Brunnen dient ein Präcisionspumpwerk mit hydraulischem Gestänge. Die eigentliche

Pumpe steht im Brunnen, die zugehörige Bewegungsmaschine im Maschinenhaus. Erstere ist doppeltwirkend und fördert täglich 75 Cubikmeter Wasser bei ungefähr 40 Meter Förderhöhe nach den 225 Cubikmeter fassenden, zwischen Brunnen und Maschinenhaus liegenden Sammelbehältern. Von hier aus wird das Wasser durch eine Schieberpumpe bei etwa 35 Meter Druckhöhe nach dem Druckgefäß im Wasserthurm befördert.

Die oberste technische und administrative Bauleitung lag in den Händen des Geh. Baurath Spieker; die Gesammtkosten des Baues belaufen sich auf eine Million Mark.

Im September vorigen Jahres ist das ganze Institut formell seiner Bestimmung übergeben worden. Aber schon lange vor diesem Termine hat die wissenschaftliche Thätigkeit desselben begonnen.[1])

So hat Professor Spörer, der eine der beiden Abtheilungsvorstände, seine langjährigen, in Anklam begonnenen Beobachtungen der Sonne mit demselben Instrumente, einem 5zölligen Steinheil'schen Fernrohr, seit dem Jahre 1874 auf einem Thurme in Potsdam und von Juli 1876 an in einem Interimsraume auf dem Grundstücke des Observatoriums fortgesetzt.

Ebenso hat der andere Abtheilungsvorstand, Professor H. W. Vogel, seine bereits in Berlin angefangenen Arbeiten über das Sonnenspectrum unter Betheiligung des Dr. G. Müller weiter fortgeführt. Bei diesen Arbeiten wurde ein großer spectroskopischer Apparat von Schröder mit 21 Prismen in Anwendung gebracht. Nach directen Messungen und Photographien wurden Zeichnungen einzelner Theile des Sonnenspectrums im dreifachen Maßstabe der Angström'schen Darstellung angefertigt, um einestheils die Angström'schen Arbeiten zu controliren und zu erweitern, andererseits ein Mittel zu erhalten, etwaige kleine Veränderungen im Sonnenspectrum aufzufinden, vornehmlich aber, um eine Grundlage für die von Vogel beabsichtigte Untersuchung der Spectra der Sonnenflecken zu gewinnen. Es wurde auf diese Weise eine detaillirte Untersuchung des Sonnenspectrums von 540 bis 389 Milliontel-Millimeter

---

1) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft. Jahrg. 13, S. 158; Jahrg. 14, S. 154.

Wellenlänge, d. i. ungefähr von der Fraunhofer'schen Linie E bis zu H, geliefert; die Ausmessung der Photographien und die Ableitung der Wellenlängen aus den Messungen besorgte Dr. Müller, während die graphische Darstellung des Spectrums nach den Photographien mit Zugrundelegung der Messungen von Vogel und Müller gemeinschaftlich erfolgte. Diese Zeichnungen stellen den untersuchten Theil des Spectrums durch einen etwa 4½ Meter langen Streifen dar, welcher gegen 3000 Linien enthält, während Angström auf dem gleichen Stück nur 850 Linien verzeichnet hat. Auf Grund dieser Resultate hat dann Vogel vergleichende Untersuchungen über die Spectra verschiedener Theile der Sonnenfläche begonnen.

Weiter sind zu erwähnen die von Prof. Vogel in der zweiten Hälfte des Jahres 1878 begonnenen Untersuchungen der Spectra der Nebelflecke mit Benutzung des Grubb'schen Refractors und eines eigens für diesen Zweck construirten Spectroskopes. Mit demselben Fernrohre hat auch Dr. Lohse Untersuchungen von Planetenoberflächen angestellt; namentlich wurden Mars und Jupiter, mehrfach auch Saturn beobachtet.

Ferner wurden seit 1877 von Dr. Müller photometrische Beobachtungen der größeren Planeten, der Vesta und einer Anzahl von Fixsternen ausgeführt, zu welchem Zwecke die Berliner Sternwarte ihr Zöllner'sches Photometer geliehen hatte.

Dr. Lohse hat eine Reihe von Laboratorium-Untersuchungen über die verschiedenen photographischen Methoden ausgeführt, eine Arbeit, welche für die späteren photographischen Sonnenaufnahmen nützliches Material geliefert hat.

Seit Ende des Jahres 1876 wurde auch eine meteorologische Beobachtungsstation auf dem Observatorium eingerichtet, die sich zunächst auf Beobachtung des Druckes, der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft, der Niederschlagsmenge und von Bodentemperaturen beschränkten. Die erstgenannten Elemente werden täglich dreimal — früh 6, nachmittags 2 und abends 10 Uhr — aufgezeichnet; die Bodentemperatur wird, in acht verschiedenen Tiefen bis zu 3 Meter, allwöchentlich — am Wochentage des 1. Januar — abgelesen. Außerdem ist seit März 1877 auch der Tiefbrunnen zu regelmäßigen Beobachtungen benutzt worden: theils wurden in den durch die Brunnenwand gehenden Röhren die Temperaturen des Bodens

bis zu 40 Meter unter der Oberfläche, theils die Wärmevertheilung im Innern des Brunnens und die dadurch erzeugten Luftströmungen bestimmt.

Noch sei der Beobachtungen gedacht, welche Dr. Lohse seit dem Herbst 1875 ausgeführt hat, um die Wärmestrahlung der Sonne während einer ganzen Fleckenperiode in gleichförmiger Art zu messen. Er bedient sich hierzu eines Quecksilberthermometers mit berußter Kugel, die in eine zweite angeschmolzene dünne Glashülle eingeschlossen ist. Das Thermometer hängt in einem Holzkasten, der auf der einen Seite eine Glasscheibe, in der gegenüberliegenden Wand aber behufs Ablesung der Scala von außen eine schmale Glasplatte enthält. Soll eine Beobachtung angestellt werden, so wird der Kasten mit dem Thermometer so aufgestellt, daß keine Sonnenstrahlen hineinfallen, und abgewartet, bis das Thermometer auf einen festen Stand kommt. Ist dieser erreicht, so wird der Kasten gedreht, so daß durch die Glaswand hindurch die Kugel von der Sonne bestrahlt wird, und nun 5 Minuten lang von 15 zu 15 Secunden der Stand des Thermometers abgelesen, wobei zugleich genau die Tageszeit und in ausführlichster Weise die Himmelsbeschaffenheit notirt wird.

Indem wir uns nun einer Darstellung der wichtigsten im vergangenen Jahre ausgeführten Arbeiten und Entdeckungen auf dem Gebiete der Astronomie zuwenden, beginnen wir mit denjenigen, welche sich auf

die Sonne

beziehen. Hier haben wir zuerst einige neuere Berechnungen der Sonnenparallaxe zu verzeichnen. Zunächst hat Downing[1]) an der Sternwarte Greenwich aus Declinationsbeobachtungen im Meridian, die während der Opposition 1877 an dem Mars und benachbarten Sternen auf den Sternwarten zu Leiden und Melbourne angestellt worden sind, den Werth

$$8'' 960 \pm 0'' 051$$

berechnet, aus welchem sich die Entfernung der Erde von der Sonne gleich

23020,6 ∓ 130,3 Halbmessern des Erdäquators

1) Astron. Nachr. Bd. 96, Nr. 2288.

oder 146,81 Mill. Kilom. = 19,79 Mill. geogr. Meilen ergiebt. Bei dieser Bestimmung sind nur solche Messungen berücksichtigt worden, bei denen Planet und Fixstern an einem und demselben oder an zwei aufeinanderfolgenden Tagen beobachtet worden sind.

Während Downing einen Werth für die Sonnenparallaxe findet, der um $1/79$ größer ist als der jetzt gewöhnlich angenommene Newcomb'sche von 8″85 (entsprechend 148⅔ Mill. Kilom. Entfernung) hat dagegen David Gill, gegenwärtig Director der Sternwarte am Cap der Guten Hoffnung, mit Benutzung der eigenen, im Jahre 1877 auf Ascension angestellten Beobachtungen des Mars, den beträchtlich kleineren Werth von

$$8''78 \pm 0''0015$$

gefunden[1]), aus welchem sich die Entfernung zwischen Sonne und Erde zu 150 Mill. Kilometer oder 20,21 Mill. geogr. Meilen ergiebt.

Der Gill'sche Werth der Sonnenparallaxe stimmt übrigens fast überein mit den aus den englischen Beobachtungen des letzten Venusdurchganges und den aus den Beobachtungen der Juno im Jahre 1874 abgeleiteten, deren in diesem Jahrb. XIV, S. 55 gedacht worden ist.

Im Anschluß an die letzterwähnten Mittheilungen sei hier noch erwähnt, daß die bei dem letzten Venusdurchgange gewonnenen photographischen Aufnahmen den in sie gesetzten Erwartungen bezüglich ihrer Brauchbarkeit zur Ermittelung der Sonnenparallaxe durchaus nicht entsprochen haben. Unter dem Mikroskop zeigten sich die Ränder bei den meisten Bildern so verwaschen, daß eine Messung unmöglich war.

Ueber die Bestimmung der Sonnenparallaxe mittels der Lichtgeschwindigkeit hat kürzlich ein amerikanischer Gelehrter, D. P. Todd, eine interessante Arbeit veröffentlicht.[2]) Newcomb's mittlere Parallaxe von 8″848 wurde früher als zu klein betrachtet, da die Untersuchungen von Hansen, Leverrier, Stone und Winnecke für einen beträchtlich größeren Werth zu sprechen schienen. In den letzten zwei oder

1) Monthly Notices, Vol. 39 (1879), Nr. 8, p. 434; Nature XX, p. 319.
2) Auszug in Nature XXI, p. 331.

drei Jahren gewann es dagegen den Anschein, als sei die Parallaxe kleiner als 8″8; gegenwärtig aber liegen nach Todd die Verhältnisse wieder so, daß es nicht möglich ist, zu behaupten, die mittlere Aequatorial-Horizontal-Parallaxe der Sonne sei um ein Hundertel-Secunde von dem Werthe 8″813 verschieden, den Laplace auf Grund der frühern Discussionen der Venusdurchgänge von 1761 und 1769 in der Mécanique céleste angegeben hat.

Fizeau unternahm die erste experimentelle Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit auf terrestrischem Wege im Jahre 1849; aber erst die 1862 von Foucault ausgeführte Bestimmung erachtet Todd für zuverlässig. Dieselbe gab das Resultat von 298 000 Kilometer in der Secunde, welches Foucault bis auf 1/600 für sicher hielt; Todd schätzt den wahrscheinlichen Fehler auf das Doppelte. Cornu unternahm später mehrere Reihen von Experimenten und erhielt erst 298 500 ± 1000 Kilometer, später aber 300400 ± 300 Kilometer. (Vergl. dieses Jahrb. X, S. 100 und XI, S. 34.) Eine neue Discussion dieser Experimente durch Helmert im Jahre 1876 führte zu dem Werthe 299 990 Kilometer, dessen wahrscheinlichen Fehler Todd auf 200 Kilometer veranschlagt. Dann folgen noch zwei neuere Bestimmungen von Albert A. Michelson von der Naval Academy zu Annapolis, Ver. St., deren erste 300 100 Kilometer gab, während die letzte das Resultat 299 954 ± 50 Kilometer lieferte.[1])

Aus diesen verschiedenen Bestimmungen leitet nun Todd den Werth von

299 920 Kilometer in der Secunde

für die Lichtgeschwindigkeit ab. Um aus ihm die Entfernung der Erde von der Sonne zu finden, muß man ihn mit astronomischen Messungen combiniren.

Zunächst kann hier in Betracht kommen die sogenannte Lichtgleichung oder die Zeit, welche das Licht gebraucht, um den Halbmesser der Erdbahn zu durchlaufen. Dieselbe wird gefunden durch Beobachtung der Finsternisse der Jupitersmonde, und es existiren zwei umfängliche Bestimmungen dieser Art.

1) Vgl. über die Michelson'schen Arbeiten unseren Bericht in der „Optik."

Die erste rührt her von Delambre, der aus etwa 1000 Verfinsterungen des ersten Jupitermondes den Werth 493,2 Secunden abgeleitet hat; die zweite hat Glasenapp in Pulkowa 1874 auf Grund 25jähriger Beobachtungen desselben Trabanten, die bis zum Jahre 1873 gehen, gegeben, nämlich 500,84 ± 1,02 Secunden. Indem Todd der Glasenapp'schen Bestimmung das doppelte Gewicht beilegt, erhält es für die Lichtgleichung den Werth

498,3 Secunden.

Daraus folgt für die Entfernung der Erde von der Sonne der Werth von 149,45 Mill. Kilometer und mit Zuhilfenahme des Listing'schen Werthes für den Aequatorialhalbmesser der Erde = 6 377 377 Meter (dieses Jahrb. XIV, S. 8) findet sich für die Aequatorial-Horizontalparallaxe der Sonne die Zahl

8″ 802.

Ein anderes Hilfsmittel zur Bestimmung der Sonnenparallaxe aus der Lichtgeschwindigkeit bietet die Constante der Aberration, welche nach Struve's Bestimmung den Werth von 20″4451 hat. Mit Benutzung des obigen Listing'schen Werthes für den Erdradius erhält man daraus für die Sonnenparallaxe

8″ 811.

Als Endresultat findet Todd aus der Lichtgeschwindigkeit, combinirt mit astronomischen Messungen, den Werth von

8″ 808 ± 0″ 006

für die Aequatorial-Horizontalparallaxe der Sonne. Das giebt eine Entfernung der Erde von der Sonne von

23430,3 Erdhalbmessern

oder 149,42 Mill. Kilometer = 20,13 Mill. geogr. Meilen.

Sonnenflecken. — Professor Spörer hat vor einiger Zeit ein von dem Wolf'schen abweichendes Verfahren zur Ermittelung der Häufigkeitszahlen der Sonnenflecken angegeben und nach demselben die Häufigkeitszahlen für Carringtons Beobachtungen von November 1853 bis Anfang 1861 und die eigenen seit 1861 berechnet, desgleichen die Werthe für die mittlere heliographische Breite der Flecken.[1] Obwohl das

1) Astron. Nachr. Bd. 96, Nr. 2282 und 2302.

Spörer'sche Verfahren sich wesentlich von dem Wolf'schen unterscheidet, so stimmen doch die von Spörer für die Zeiten der Minima und Maxima ermittelten Werthe mit den von Wolf gefundenen überein, wie aus nachstehender Zusammenstellung hervorgeht:

	Spörer	Wolf
Minimum . . .	1856,05	1856,0
Maximum . . .	1860,46	1860,1
Minimum . . .	1867,17	1867,2
Maximum . . .	1870,84	1870,6.

Spörer fand auch, daß die Häufigkeit um die Zeit der beiden erwähnten Maxima ziemlich genau einem und demselben Gesetze folgt. Ist nämlich n die Häufigkeitszahl einer einzelnen Rotationsperiode, t die Zeit, in Theilen eines Jahres, gezählt von der Zeit des betreffenden Maximums, so ist nach Spörer für den Zeitraum von Dec. 1856 bis Juli 1866:

$$n = 89{,}35 - 6{,}4 \,.\, t^2 + 0{,}76 \,.\, t^3$$

und für denjenigen von April 1867 bis Dec. 1876:

$$n = 94{,}21 - 7{,}0 \,.\, t^2 + 0{,}74 \,.\, t^3.$$

Für die Formeln, welche die Zeiten der Minima umfassen, stellt sich eine derartige Uebereinstimmung nicht heraus.

Ferner hat Carrington darauf aufmerksam gemacht, daß vor dem Minimum 1855/56 die Flecken sich auf beiden Seiten dem Aequator genähert hatten, daß aber dann die neuen Flecken in hohen Breiten aufbrachen. Uebereinstimmend damit konnte Spörer seit 1861 beobachten, wie die Fleckenschaaren dem Aequator näher rückten, und nach dem Minimum von 1867 zeigte sich auch das erwähnte Verhalten.

Bezeichnet t die Zeit in Theilen des Jahres, gezählt vom Maximum, so ist die mittlere heliographische Breite der Flecken für den Zeitraum von Febr. 1857 bis Jan. 1868:

$$b = 16^0\,31 - 2^0\,36 \,.\, t + 0^0\,184 \,.\, t^2$$

und für denjenigen von Juli 1866 bis Juni 1878:

$$b = 17^0\,5 - 2^0\,21 \,.\, t + 0^0\,139 \,.\, t^2.$$

Aus beiden Formeln ergiebt sich das Breiten-Minimum $8^0\,72$ für die Zeiten 1866,87 und 1878,79 (Nov. 1866 und Oct. 1878). Für die Zeit des Maximums wäre die mittlere Breite

16 bis 17°, d. h. „zu dieser Zeit wäre eine aus höheren Breiten kommende Bewegung auf beiden Halbkugeln soweit vorgeschritten, daß ihr mittlerer Parallelkreis in 17° Breite läge. Indem dann die Bewegung weiter fortschreitet, und jene mittleren Parallelkreise der beiden Halbkugeln einander näher rücken, entstände in irgend welcher Weise eine gegenseitige Einwirkung, wodurch verhindert wird, daß die mittlere Parallele der Bewegung auf beiden Halbkugeln das gefundene Breiten-Minimum = 8° 7 überschreitet. Vielmehr träte dann eine Art Rückstauung ein, mit welcher die Bewegung ihr Ende erreicht ... Die genauere Erforschung dieser überaus wichtigen Beziehungen wird erst nach langer Zeit möglich sein.“

Für die allgemeine Gültigkeit des angedeuteten Gesetzes sprechen auch die Beobachtungen der letzten Jahre: im Jahre 1879 ließen sich ganz gut die niedrigen Breiten angehörigen Flecken des alten Zuges von den in höhern Breiten gelegenen, neu aufgebrochenen unterscheiden.

Die Epoche des letzten Fleckenminimums hat Prof. Rud. Wolf mit Hilfe der von ihm berechneten Relativzahlen der Sonnenflecke der einzelnen Monate der letzten Jahre auf December 1878 (1878,9) festgestellt.[1]) Bei dieser Gelegenheit hat er auch die vor einigen Jahren von Broun und Faye bestrittene Uebereinstimmung in der Periodicität von Sonnenflecken und Variationen der erdmagnetischen Kraft einer neuen Prüfung unterworfen und zu diesem Zwecke die Beobachtungen über Declinationsvariationen in Prag, Christiania, München, Mailand und Wien in Rechnung gezogen. Er findet dabei für die Maxima und Minima, sowie für die Dauer der Zwischenzeiten folgende Zahlen:

Sonnenflecken			Variationen		
Minimum . .	1867,2		Minimum . .	1866,8	
		3,4			4,0
Maximum . .	1870,6		Maximum . .	1870,8	
		8,3			7,7
Minimum . .	1878,9		Minimum . .	1878,5	
Periode . .		11,7 Jahr	Periode . .		11,7 Jahr

Die Uebereinstimmung zwischen beiden Perioden ist damit aufs Neue erwiesen. Vgl. dieses Jahrb. XIV, S. 60. „Daß die beiden Minima der Variation um 0,4 Jahre oder etwa 5 Monate

1) Astron. Nachr. Bd. 96, Nr. 2299.

früher eingetreten sind, als die entsprechenden Minima der Sonnenflecken, ist ebenfalls eine interessante Thatsache, die wahrscheinlich damit zusammenhängt, daß auch die Minima der Protuberanzen, mit welchen die Variationen noch directer als mit den Flecken selbst zusammenhängen dürften, um eine solche Zeit jenen vorausgingen."

Auch den Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Sonnenflecken und der Nordlichter hat Wolf klar zu legen versucht durch eine kritische Vergleichung der mittleren jährlichen Relativzahl R der Sonnenflecken in den Jahren von 1785 bis 1815 und der Anzahl N der Tage, an welchen nach Rubenson in Schweden das Nordlicht bemerkbar war. Es zeigte sich dabei, „daß nicht nur die Maxima und Minima beider Reihen genau zusammenfallen, sondern sogar die Anzahl der Nordlichttage mit einer gewissen Annäherung nach der Formel

$$N = 20 + 0{,}651 \,.\, R$$

aus der Relativzahl berechnet werden kann."

Daß das letzte Minimum der Häufigkeit vorüber ist, hat sich inzwischen mit Bestimmtheit kund gegeben durch die reiche Entwickelung von Sonnenflecken im Anfang des October 1879. Auch das Ausbrechen von Fackeln in hohen heliographischen Breiten bestätigt dies.

Ueber die ältesten Sonnenfleckenbeobachtungen bei den Chinesen sind von Alexander Hosin in Canton Mittheilungen veröffentlicht worden[1]), die darthun, daß bei diesem Volke schon vor Beginn unserer Zeitrechnung einzelne „schwarze Flecken auf der Sonne" bemerkt worden sind. Im Winter 1877—78 hatte nämlich der Secretär der britischen Gesandtschaft in Peking, Mayers, eine große chinesische Encyklopädie von 5020 Bänden für das Britische Museum gekauft, welche bis zum Ende der Ming-Dynastie (1628) reicht und werthvolle historische, literarische u. a. Nachweise enthält. Während der Vorbereitungen zur Einschiffung dieses Werkes nach London, wurde eine Unterabtheilung desselben, „Natur-Erscheinungen" betitelt, Hosin übergeben, der daraus die Berichte über Mißwachs und Hungersnoth, sowie über Sonnenflecken excerpirte. Bezüglich der letz-

1) Nature XX, p. 131.

teren sind Jahr und Monat angegeben, bei einzelnen sind auch Bemerkungen über Größe und Aussehen beigefügt. Nachstehend geben wir Jahreszahl und (in Klammern) Monatsnummer der beobachteten Flecken mit einigen Bemerkungen:

28 (3) und 20 (2) v. Ch., 188 (1) und 300 (1) n. Ch. (diese vier sind als „schwarze Schatten" bezeichnet), 301 (9), 302 (11—12), 307 (11), 321 (2), 322 (10), 342 (1), 344 (10), 345 (3), 359 (10, eigroß), 360 (4), 361 (2), 372 (11, pflaumengroß), 373 (3, 11, eigroß), 388 (2, zwei pflaumengroße Flecken), 389 (6), 395 (11), 400 (11), 499 (2, drei erbsengroße Flecken), 501 (8), 502 (1—2, zwei Flecken), 509 (8), 510 (2) und 513 (1—4, diese drei als „schwarze Schatten" bezeichnet), 577 (11), 580 (2), 807 (10), 826 (3), 832 (3—4), 837 (11, eigroß), 840 (2, schwarze Schatten), 841 (11), 865 (1, schwarze Schatten), 874, 974 (1), 1077 (2, pflaumengroß), 1078 (1, 12, desgl.), 1079 (2, desgl.), 1104 (10, dattelgroß), 1105 (10), 1112 (4), 1118 (11, pflaumengroß), 1120 (5), 1129 (3), 1131 (2, pflaumengroß und 4 Tage sichtbar), 1136 (10—11) und 1137 (2—4, beide pflaumengroß), 1138 (2, 10), 1139 (2, 10), 1145 (6, schwarze Schatten und Flecke), 1160 (8), 1185 (1) und 1186 (5, beide eigroß), 1193 (11), 1200 (8, 12), 1202 (12) und 1204 (1, eigroß), 1205 (4), 1238 (10), 1276 (ohne Monatsangabe, Größe eines Gänseeies), 1370 (Flecke häufig in diesem Jahr), 1511 (5, schwarze Schatten), 1529 (desgl.), 1617.

Temperatur der Sonne. — Untersuchungen über die Beziehung zwischen Wärmestrahlung und Temperatur haben Prof. J. Stefan in Wien zu dem Resultate geführt, daß die Wärmestrahlung eines Körpers sehr nahe proportional der vierten Potenz seiner absoluten Temperatur ist. Mit Zugrundelegung der Resultate, welche Soret bei Versuchen mit Zirkon erhalten hat, würde sich dann für die Sonne eine Temperatur von 5500° ergeben.[1])

Mit derselben Frage hat sich auch ein amerikanischer Gelehrter, Professor S. P. Langley beschäftigt[2]), dessen Untersuchungen über die Licht- und Wärmestrahlung der verschiedenen

1) Wiener Sitzgsber. II. Abth. 79, 20. März 1879.
2) Proceedings of the Am. Acad. 9. Oct. 1878, p. 106.

Theile der Sonne bereits früher in diesem Jahrb. (XI, S. 30) erwähnt worden sind. Derselbe verglich das Strahlungsvermögen einer irdischen Wärmequelle, des geschmolzenen Metalles im Converter beim Bessemerproceß, direct mit dem der Sonnenoberfläche, indem er die eine Seite einer Thermosäule durch das glühende Metall, die andere durch die Sonne bestrahlen ließ. Die Wärmestrahlung der Sonne ergab sich dabei 87 mal so groß als die einer Metallfläche von gleicher Größe. Mit Benutzung des oben angegebenen Stefan'schen Gesetzes würde man daraus die Temperatur der Sonne 3 mal so groß als die des geschmolzenen Bessemermetalles erhalten. Die Lichtstrahlung der Sonne ergab sich mit einem passend eingerichteten Bunsen'schen Photometer wenigstens 5300 mal so groß als die des geschmolzenen Metalles. Es erklärt sich dieser bedeutende Werth der Lichtstrahlung gegenüber der Wärmestrahlung aus dem mit steigender Temperatur schnelleren Zunehmen der Intensität der brechbareren Strahlen im Vergleich mit den weniger brechbaren.

Aus diesen Bestimmungen folgt, daß die früher auf indirectem Wege gefundenen Resultate von Vicaire und Violle, welche nur 1800° und 1500° für die Temperatur der Sonne fanden (dieses Jahrb. VIII, S. 60 und XIII, S. 42) sicher zu niedrig sind.

Was die Wärmestrahlung verschiedener Theile der Sonne anlangt, so hat Secchi vor etwa 30 Jahren einen wesentlichen Unterschied zwischen der nördlichen und der südlichen Hemisphäre der Sonne erkannt zu haben geglaubt, und neuerdings haben wieder zwei französische Gelehrte, Cruls und La Caille aus ihren Beobachtungen den Schluß gezogen, daß die Temperatur der südlichen Hemisphäre nur 3/4 von der der nördlichen sei.[1]) Doch hat Langley im Verlaufe von 400 Beobachtungen nur ganz geringe, weniger als ein Procent betragende Unterschiede zu erkennen vermocht, die wohl nur Beobachtungsfehlern zuzuschreiben sind.[2])

Die Planeten und ihre Monde.

Venus. — Mit Ermittelung der Constanten der zur Beobachtung des Venusdurchganges von 1874 benutzten Heliometer

1) Comptes rendus, LXXXVIII, p. 570.
2) Nature XXI, p. 144.

beauftragt, hat Dr. Ernst Hartwig, Assistent an der Straßburger Sternwarte, diese Gelegenheit benutzt, um in der Zeit von Anfang März bis Mitte August 1876, sowie von Ende Juli bis Ende August 1877 Messungen des scheinbaren Durchmessers der Venus anzustellen.[1]) Diesen zufolge ist der Durchmesser der im reflectirten Sonnenlicht erscheinenden Planetenkugel in mittler Entfernung der Erde von der Sonne gleich

$$17'' 666 \pm 0'' 026;$$

dieser Werth ist mit dem Breslauer Heliometer gefunden. Main fand 1861 und 1863 mit dem Oxforder Heliometer

$$17'' 582 \pm 0'' 055,$$

Kaiser 1862 bis 1865 mit Airy's Doppelbild-Mikrometer

$$17'' 409 + 0'' 029.$$

Als Mittelwerth aus diesen dreien ergiebt sich

$$17'' 552;$$

legt man also den Newcomb'schen Werth der Sonnenparallaxe, 8″ 85 zu Grunde, so ergiebt sich der wahre Durchmesser der Venus gleich

0,993 Erddurchmesser.

Nach Hartwig's Ueberzeugung sind nur Bestimmungen des Durchmessers, die mit Doppelbild-Mikrometern gemacht werden, zuverlässig; Beobachtungen vor der Sonne geben denselben zu klein, so fand Auwers 16″977, Tennant 16″904.

Erdmond. — Aus Beobachtungen, die Schur im Jahre 1878 angestellt, hat Prof. Winnecke in Straßburg das Resultat abgeleitet, daß der von Hansen angenommene Halbmesser des Mondes in mittler Entfernung: 15′ 33″ 45 um 1″ 29 zu verkleinern ist, daß derselbe demnach

$$15' 32'' 16$$

beträgt. Schon bald nach Hansen's Veröffentlichung hatte übrigens Dr. Oudemans der königlichen Gesellschaft in London mitgetheilt, daß ihm eine Discussion von Beobachtungen von Sternbedeckungen durch den Mond und von Heliometermessungen die Nothwendigkeit einer Verminderung der Hansen'schen Zahl um 1″ 09 erwiesen habe.

---

1) Hartwig, Untersuchungen über die Durchmesser der Planeten Venus und Mars nach Heliometerbeobachtungen auf der provisorischen Universitäts-Sternwarte zu Straßburg. Leipzig 1879 (Publication der Astron. Gesellsch. XV).

Mars. — Bei der bereits erwähnten Arbeit hat Dr. Hartwig auch Messungen des Marsdurchmessers mit dem Heliometer vorgenommen. Um eine möglichst genaue Bestimmung dieser Größe zu erhalten, hat er noch vier andere Messungsreihen zu Hilfe genommen, so daß im Ganzen folgende Resultate für die Größe des scheinbaren Marsdurchmessers in der Entfernung 1 vorliegen:

Instrument	Zeit	Beobachter	Polarer Durchm.	Aequat. Durchm.
Heliometer	1830/37	Bessel	9″ 328	9″ 328
Airys Mikrometer .	1862/65	Kaiser	9,375	9,461
Heliometer	1862/63	Main	9,401	9,601
desgl.	1877/78	Hartwig	9,300	9,421
Rochons Mikrometer	1843/44	Arago	9,311	9,519

Hieraus folgt ein Mittelwerth von

9″ 352,

entsprechend einem wahren Durchmesser des Mars gleich

0,528 Erdhalbmessern.

Die Existenz einer Abplattung des Mars ist bis jetzt durch die Messungen noch nicht entschieden, aber durch die Hartwig'schen Beobachtungen von 1877 wahrscheinlich gemacht.

F. Tisserand glaubt auf eine, wenn auch vielleicht unbedeutende und für uns daher nicht wahrnehmbare Abplattung aus der Thatsache schließen zu dürfen, daß die Bahnen der beiden Marsmonde ganz oder doch fast ganz in die Aequatorebene des Planeten fallen; wäre die Abplattung der Null gleich, so würden die Ebenen beider Bahnen durch die Störungen, welche die Sonne verursacht, auseinander gebracht werden.

Da Mars im vorigen Herbst der Erde wieder sehr nahe stand, so konnten auch die beiden Marsmonde wieder beobachtet werden. Hall in Washington hatte für diese Erscheinung Ephemeriden berechnet, die mit 10. October beginnen, und an diesem Tage fand er auch den äußeren Mond, Deimos, auf; doch hinderten Wolken die Beobachtung, und die eigentlichen Messungen begannen erst 13. October. Phobos wurde von Hall zuerst am 12. October beobachtet.

Die erste Beobachtung des Deimos wurde übrigens viel früher, nämlich bereits am 21. September von A. Ainslie Common zu Ealing, London, gemacht.

Was Deimos anlangt, so stand derselbe den Washingtoner

Beobachtungen zufolge so nahe an den berechneten Stellen, daß nach Hall's Urtheil eine Correctur seiner Umlaufszeit auf Grund der vorjährigen Beobachtungen nicht geboten erscheint; Phobos aber erreichte seine Elongationen 44 Minuten früher, als die Rechnung ergab, und da der Trabant von 1877 bis zur ersten vorjährigen Beobachtung 2443 Revolutionen gemacht hat, so muß die früher gefundene Umlaufszeit um 1,074 Secunden vermindert werden, so daß die wahre Umlaufszeit

7 Stunden 39 Minuten 13,996 Secunden

beträgt.

Planetoiden sind im Jahre 1879 zwanzig entdeckt worden, eine größere Zahl als in irgend einem vorausgegangenen Jahre, nämlich:

(192) Nausikaa,	28. Februar	von	Palisa	in	Pola,
(193) Ambrosia,	28. „	„	Coggia	„	Marseille,
(194) Prokne,	22. März	„	Peters	„	Clinton,
(195) Eurykleia,	28. April	„	Palisa	„	Pola,
(196) Philomele,	17. Mai	„	Peters	„	Clinton,
(197) Arete,	21. „	„	Palisa	„	Pola,
(198) Ampella,	13. Juni	„	Borrelly	„	Marseille,
(199) Byblis,	9. Juli	„	Peters	„	Clinton,
(200) Dynamene,	7. „	„	demselben,		
(201) Penelope,	7. August	„	Palisa	in	Pola,
(202) Chryseïs,	23. September	„	Peters	„	Clinton,
(203) Pompeja[1],	27. „	„	demselben,		
(204) Kallisto,	8. October	„	Palisa	in	Pola,
(205)	13. „	„	demselben,		
(206) Hersilia,	15. „	„	Peters	in	Clinton,
(207)	17. „	„	Palisa	„	Pola
(208)	21. „	„	demselben,		
(209) Dido,	22. „	„	Peters	in	Clinton,
(210)	12. November	„	Palisa	„	Pola,
(211)	10. December	„	demselben.		

Jupiter. — Auf diesem Planeten bemerkt man bekanntlich eine Anzahl grauer, bald mehr, bald minder dunkler Streifen, die dem Aequator parallel laufen und beträchtlichen Veränderungen unterworfen sind. Insbesondere heben sich öfters

1) Vom Entdecker so genannt, zur Erinnerung an die 1800jährige Feier der Verschüttung von Pompeji.

zwei Streifen, einer nördlich, der andere südlich vom Aequator hervor, zwischen denen der Aequatorgürtel in hellerem Lichte erglänzt. In diesen beiden Streifen erkennt man bisweilen dunklere, bogenförmige Theile, durch welche die ganze Streifenzone das Aussehen eines Gürtels von eiförmigen Wolken erhält. In den Streifen treten auch bisweilen knotenförmige Verdickungen auf, und ebenso sind wiederholt einzelne dunkle Flecken außer allem Zusammenhange mit den Streifen beobachtet worden. Solche Knoten und Flecken sind benutzt worden, um die Rotationsdauer des Planeten zu finden. Manche der letzteren sind von längerer Dauer gewesen; so konnte Schwabe mehrere Flecken von 1831 bis 1834 beobachten, und einer, den Gledhill im April 1870 nördlich vom nördlichen Aequatorstreifen beobachtete, blieb mehrere Jahre hindurch sehr auffällig, verschwand 1874, wurde im Mai 1875 wieder sichtbar, verschwand dann abermals und war im Sommer 1879 nach Birmingham's Angabe wieder schwach sichtbar. Andererseits kennt man auch Flecken, die sehr rasch wieder verschwunden sind. Das auffallendste Beispiel dieser Art ist wohl ein Fleck, den South am 3. Juni 1839 entdeckte, dessen Durchmesser auf 1/4 des Planetendurchmessers geschätzt wurde, der aber binnen einer halben Stunde unsichtbar ward. Ueber die Deutung dieser Phänomene ist man noch nicht ganz im Klaren. Meist werden sie für wolkenartige Gebilde gehalten, an denen man auch die Wirkungen constant wehender Winde zu erkennen geglaubt hat, die unsern Passatwinden analog sind.

Im Herbst 1879, als Jupiter in Opposition und also der Erde nahe stand, wurde nun von verschiedenen Seiten auf das Erscheinen eines rothen elliptischen Flecken in der hellen Zone, südlich vom südlichen Aequatorstreifen aufmerksam gemacht.

John Birmingham in Tuam, Irland, der ihn zuerst am 14. August bemerkte, beschreibt ihn als flammenähnlich und von einer glänzend weißen Aureole umgeben. Die Farbe des südlichen Aequatorstreifens beschreibt derselbe als schieferblau, die des nördlichen als dunkelbraun oder dunkelroth. Die helle äquatoriale Zone wird durchsetzt von dunkeln, unregelmäßigen Brücken, die von Südwest nach Nordost gerichtet sind.[1])

---

1) Nature XX, p. 403.

In Moskau wurde der Fleck am 29. Juli von Sokoloff bemerkt. Prof. Bredichin beschreibt ihn später[1]) als lebhaft roth gefärbt und umgeben, namentlich am südlichen Rande, von sehr hellen weißen Fackeln. Derselbe bestimmte seine Breite zu 4″, seine Länge zu 16″ und seinen Abstand vom Aequator zu 9″; die Rotationsdauer fand er 9 Stunden 56 Minuten.

Dr. Lohse auf dem astrophysikalischen Observatorium in Potsdam, der den Jupiter seit 9 Jahren regelmäßig beobachtet, bemerkte den Fleck am 5. Juni, an welchem Tage er im vorigen Jahre zuerst den Planeten in der Morgendämmerung aufsuchte.[2]) Derselbe fiel durch seine Intensität auf. Er stand damals noch am östlichen Rande der Planetenscheibe, und beim Vorrücken nach der Mitte wurde seine glühende Färbung noch weit deutlicher. Daß an den Rändern der Planetenscheibe die Färbung und Intensität sich in hohem Grade verliert, hält Lohse für ein Zeichen dafür, daß über ihm sehr dichte Gas- oder Dampfmassen lagern. Helle Wolken oder Fackeln, wie Bredichin sie bemerkte, sind auch von Lohse beobachtet worden; auch bemerkte derselbe im vorausgehenden Ende des Fleckens einen zart grauen Fortsatz in Form eines umgekehrten Kommas. Die Rotationszeit bestimmte Lohse zu 9 Stunden 55,33 Min. Noch macht derselbe aufmerksam auf das Zusammentreffen dieser auffallenden Erscheinung auf dem Jupiter mit dem Wiedereintritt der Thätigkeit in der Sonnenatmosphäre.

Uebrigens ist der Fleck nicht erst im Sommer 1879 sichtbar geworden, sondern es hat sich nachträglich herausgestellt, daß er schon früher beobachtet und gezeichnet worden ist. So findet Tempel in Arcetri bei Florenz die „rothe Wolke“ schon auf seinen Zeichnungen des Jupiters vom 9. August 1878.[3]) Damals war sie länger als jetzt, grauroth von Farbe, wenig röther als der nördliche Aequatorstreifen.

C. W. Pritchett auf dem Morrison-Observatorium zu Glasgow hat den Fleck bereits am 9. Juli 1878 gezeichnet, und ebenso sind seiner Angabe nach ältere Beobachtungen desselben von Dennett in Southampton, Trouvelot in Cam-

1) Astron. Nachr. Bd. 96, Nr. 2280 u. 2283.
2) Dies. Bd. 96, Nr. 2282.
3) Dies. Bd. 96, Nr. 2284.

bridge, Ber. St., und Niesten in Brüssel vorhanden. Im Jahre 1879 begann Pritchett seine Beobachtungen am 2. Juli. Derselbe ist übrigens der Ansicht, daß entweder die Rotationszeit des Jupiter zu gering angenommen oder daß der Fleck seit dem 5. August 1879 merklich zurückgegangen ist. Rücksichtlich der grauen, knotigen und dreieckigen Flecken im südlich vorangehenden Quadranten habe er allerdings Monate lang seinen Platz behalten, nicht aber bezüglich der immer wechselnden Flecken in den zwei großen Aequatorialstreifen. Einige derselben seien in 3 Tagen um die ganze Länge des Flecken von Ost nach West gerückt. Das Gebiet für Translationsbewegungen auf dem Jupiter scheine sich fast gänzlich auf den Raum zwischen den Aequatorialstreifen zu beschränken, und wegen seiner südlichen Lage habe der Fleck wohl nur eine geringe Translationsbewegung; sei aber eine solche vorhanden, so sei sie derjenigen der Aequatorialzone entgegengesetzt.[1])

Kometen.

Im Jahre 1879 sind fünf Kometen erschienen, von denen indessen keiner dem bloßen Auge sichtbar war.

Komet 1879a ist der periodische Brorsen'sche, von diesem Astronomen am 26. Februar 1846 entdeckt. Professor Schulze in Döbeln hat alle Störungen, die der Komet seit seiner letzten Erscheinung im Herbst 1873 erlitten hat, berechnet und für die vierjährige Erscheinung eine Ephemeride veröffentlicht[2]), die er später noch bis zu Anfang Januar zurück berechnet hat. Mit Hilfe der letzteren fand Wilh. Tempel in Arcetri bei Florenz den Kometen am Abende des 14. Januar ziemlich nahe am Horizonte, nordöstlich von dem in Herschel's Allg. Katalog mit 4900 bezeichneten Nebelflecke auf. Seit dieser ersten Auffindung verging aber längere Zeit, ehe der Komet wieder gesehen wurde. Tempel selbst konnte ihn in Folge ungünstigen Wetters erst am 8. März in der Dämmerung einen Augenblick erkenuen, Messungen gelangen erst am 10. und 14. März. An letzterem Datum wurde er auch von G. Strasser in Kremsmünster aufgefunden. Inzwischen hatte

1) Astr. Nachr. Bd. 96, Nr. 2294.
2) Dies. Bd. 93, Nr. 2220.

ihn auch John Tebbutt auf der Windsor-Sternwarte in Neu-Süd-Wales am 26. Februar beobachtet.

Im Ganzen war der Komet ziemlich hell, daher auch bei Mondschein noch im Kometensucher gut sichtbar. Er zeigte eine unregelmäßige, kernartige Verdichtung. In dem letzten Drittel des Mai erschien er nur noch als ausgebreiteter heller Schimmer in der Dämmerung, bis diese endlich seine Sichtbarkeit ganz verhinderte. Was die Dimensionen anlangt, so fand Julius Schmidt in Athen den scheinbaren Scheiteldurchmesser am 24. März gleich 1′28, am 18. April 2′41 und am 20. Mai 2′87, was der wahren Größe von 9,54 beziehentlich 12,69 und 13,54 Erdhalbmessern entspricht.[1])

Großes Interesse erweckte die spectroskopische Untersuchung dieses Kometen deshalb, weil Huggins bei der Erscheinung im Jahre 1868 ein von dem der übrigen Kometen abweichendes Spectrum beobachtet zu haben glaubte. Die vorjährigen Beobachtungen haben aber dargethan, daß der Brorsen'sche Komet keine Ausnahme macht, und daß sein Spectrum, abgesehen von einem schwachen continuirlichen Hintergrund dieselben drei, auch bei Kohlenwasserstoff-Verbindungen auftretenden hellen Linien zeigt, wie das anderer Kometen. Dr. v. Konkoly in O-Gyalla, Ungarn, fand für die Wellenlängen (in Milliontel-Millim.) dieser drei Linien die Zahlen

560,5 514,6 482,3;

am hellsten war die mittelste Linie im Grün, am schwächsten die dritte; das continuirliche Spectrum beobachtete derselbe von 573,2 bis 455 Milliontel-Millim. Wellenlänge.[2])

Komet 1879b, von Tempel in Arcetri am 24. April entdeckt, nachdem er ihn bereits in den heitern Nächten des Februar und März vergeblich gesucht, ist der als Komet II 1867 bekannte, von Tempel am 3. April 1867 entdeckte periodische Komet von 5,68 Jahren Umlaufszeit, dessen Wiederkehr 1873 beobachtet wurde. Er wurde bis Anfang Juli, von Tempel noch am 7. und 8., beobachtet. Dr. Raoul Gautier in Leipzig hat aus vorjährigen Beobachtungen folgende neue Elemente seiner Bahn berechnet:[3])

1) Astron. Nachr. Bd. 95, Nr. 2266.
2) Dies. Nr. 2269.
3) Dies. Nr. 2261.

$T = 1879$ Mai 7,02 mittl. Berl. Zeit

$\pi =$	238°	$11'$	$30''1$	mittl. Aeq. 1879,0
$\Omega =$	78	45	37,4	
$i =$	9	46	31,6	
$e =$	0,46306			
$a =$	3,29515			
$\mu =$	$593''18.$			

Daraus ergiebt sich eine Umlaufszeit von 5,982 Jahren.

Komet 1879c wurde am 20. Juni von Louis Swift in Rochester, Vereinigte Staaten, entdeckt und bereits am andern Tage auch in Straßburg beobachtet. Auch dieser Komet war ziemlich hell mit einem deutlichen punktartigen Kern, den eine planetarische Verdichtung umgab. In Leipzig, wo der Komet vom 23. Juni bis 17. August beobachtet wurde, ergab sich der Durchmesser der Verdichtung am 19. Juli 0′2 gleich; dieselbe war noch umgeben von einer Helle, deren Durchmesser 2′ betrug.[1])

Safford hat für denselben folgende parabolische Elemente gegeben:[2])

$T = 1879$, April 27,3357 mittl. Berl. Zeit

$\pi =$	48°	$38'$	$42''4$	mittl. Aeq. 1879,0
$\Omega =$	45	33	36,6	
$i =$	107	0	7,5	
$q =$	0,88908.			

Komet 1879d, am 21. August von Palisa in Pola dicht beim Stern α des Großen Bären entdeckt, war ein rundes, ziemlich helles Object mit deutlichem Kern und wurde bis ins letzte Drittel des October (in Rom bis 22.) beobachtet. Karl Zelbr, Assistent an der Wiener Sternwarte giebt folgende parabolische Elemente der Bahn:[3])

$T = 1879$, October 4,60015 mittl. Berl. Zeit

$\pi =$	202°	$27'$	$15''0$	1879,0
$\Omega =$	87	7	29,8	
$i =$	77	6	11,7	
$q =$	0,99667.			

Das Spectrum des Kometen ist von H. C. Vogel in

1) Astron. Nachr. Bd. 96, Nr. 2289.

2) Dies. Nr. 2273; Elemente von Holetschek Nr. 2266, Zelbr 2268, Küstner 2268, Leitzmann 2273, Franz 2275.

3) Dies. Nr. 2281; andere Elemente von Zelbr Bd. 95, Nr. 2275 u. 2278, Copeland u. Lohse 2276, Leitzmann 2279.

Potsdam und v. Konkoly in O-Gyalla untersucht worden.[1]) Letzterer fand den Kometen am 4. October ziemlich groß, aber verwaschen und für spectroskopische Arbeiten recht lichtschwach; bei 200facher Vergrößerung zeigte er ein etwas granulirtes Aussehn und eine Verdichtung gegen die Mitte. Das Spectrum war außerordentlich schwach und bestand aus zwei sehr schwachen hellen Banden im Gelbgrün und Blaugrün nebst Andeutung einer dritten gegen das brechbarere Ende hin; die im Blaugrün war die hellste. Für die Wellenlängen dieser Banden ergaben sich die Mittelwerthe 559,8; 515,6 und 488,7. Außerdem war noch ein continuirliches Spectrum, einem Schleier ähnlich, sichtbar, das am 12. October von 549,3 bis 520,1 reichte.

Komet 1879e wurde von Dr. Ernst Hartwig in Straßburg am 24. August entdeckt und in der ersten Hälfte des September mehrfach beobachtet; im October war er wieder unsichtbar. Er zeigte sich als ein ausgedehnter schwacher Nebel mit nur schwacher Verdichtung, dessen Durchmesser 4′ betrug. Hartwig hat folgendes Elementensystem bestimmt:[2])

$$T = 1879, \text{ August } 29{,}2793 \text{ mittl. Berl. Zeit}$$

$$\left.\begin{array}{l} \pi = 116^0\ 32'4 \\ \Omega = 32\ \ 22{,}0 \\ i = 107\ \ 45{,}2 \end{array}\right\} 1879,0$$

$$q = 0{,}9914.$$

Ueber die Ursache der hellen Linien in den Kometenspectren verbreitete sich G. Johnstone Stoney in einer vor der mathematisch-physikalischen Section der British Association auf der vorjährigen Versammlung in Sheffield gehaltenen Vortrage.[3]) Während man bisher immer angenommen hat, daß die Kohlenstoffverbindungen, denen diese Linien ihre Entstehung verdanken, sich im glühenden Zustande befinden, stellt Stoney die Hypothese auf, daß diese Linien von dem Sonnenlicht herrühren, welches auf die Kometen fällt. Der Kohlenstoffdampf sei opal für die betreffenden Lichtstrahlen und es seien deshalb diese Linien aus demselben Grunde sichtbar wie der Mond und die Planeten.

1) Vogel in den Astron. Nachr. Bd. 96, Nr. 2292, Konkoly Nr. 2283.
2) Astron. Nachr. Bd. 96, Nr. 2282.
3) Nature XX, p. 466.

Im vorigen Jahrgange dieses Jahrb., S. 45, ist der Untersuchungen über die Schweife der Kometen gedacht worden, welche der Director der Sternwarte Moskau, Prof. Bredichin, ausgeführt hat, und es ist dabei erwähnt worden, daß derselbe drei Typen von Schweifen unterscheidet, je nach der Größe des Unterschiedes zwischen der Attraction, welche die Sonne ausübt (1), und der Kraft (μ), welche die Bewegung der Schweiftheilchen und damit die Bildung der Schweife bewirkt. Die dort gegebenen Werthe für $1-\mu$ sind indessen, späteren Untersuchungen zufolge, etwas zu ändern; setzt man, was zulässig erscheint,

für Typus I, II, III,
$$1-\mu = 12 \quad 1 \quad 0{,}2$$

so verhalten sich diese Zahlen umgekehrt wie die Atomgewichte von Wasserstoff, Kohlenstoff und Eisen, und deshalb vermuthet Bredichin, daß die Schweife der drei Typen vorwiegend aus Wasserstoff, Kohlenstoff und Eisen bestehen.

Für die Anfangsgeschwindigkeiten der Ausstrahlungen der Kometenmasse bei den drei Typen findet er 4500, 900 und 300 Meter in der Secunde, Werthe von der Ordnung der Geschwindigkeit der Gasmolekeln.[1])

Meteorsteinfälle, Sternschnuppen.

Meteorfall von la Bécasse.[2]) Am 31. Januar 1879, Mittags 12½ Uhr fiel in der Gemeinde Dun-le-Poëlier (franz. Depart. Indre) an einer la Bécasse benannten Oertlichkeit ein Meteorit von 2,8 Kilogr. Gewicht und ungefähr der Form einer vierseitigen Pyramide nieder. Der Fall war von einer heftigen Detonation, wie eine Artilleriesalve begleitet, die man über 20 Kilom. weit hörte und an welche sich ein mehrere Minuten anhaltendes donnerähnliches Rollen schloß. Ein Feldarbeiter gewahrte, wie an einer Stelle Erdstücken ringsum geschleudert wurden, und dort fand man nachher den Stein in einem 0,3 Meter tiefen, fast verticalen Loche. Derselbe ist mit einer mattschwarzen Kruste überkleidet und gehört zur Gruppe der Sporadosideren, Untergruppe der Oligosideren; er ähnelt

1) Astron. Nachr. Bd. 95, Nr. 2257.
2) Comptes rendus, LXXXIX, p. 597.

ganz denen von Lucé, Aumières, Angers, Montlivault, Sauguis, Saint-Etienne und gehört dem Pariser Museum d'histoire naturelle an.

Meteorsteinfall von Estherville in Iowa, Ver. Staaten, am 10. Mai. Es fielen mehrere Steine nieder: der eine von 431 Pfund Gewicht wurde 14 Fuß tief aus einem mit Wasser gefüllten Loche ausgegraben, in dessen Nähe man noch kleinere Steine von 32 Pfund, 4 Pfund und von 8 Unzen bis herab zu einer Unze auffand; 2 englische Meilen westlich von dieser Fundstätte entdeckte man noch eine Masse von 151 Pfund $4^1/_2$ Fuß tief im Boden. Chrysolith und Meteoreisen werden als Hauptbestandtheile dieser Meteorite angegeben; ersterer bildet zwei Drittel der Masse.

Meteorsteinfall von Gnadenfrei, 17. Mai 1879.[1]) Am genannten Tage, Nachmittags gegen 4 Uhr, fielen bei Gnadenfrei in Schlesien, zwischen Reichenbach und Frankenstein, mehrere Meteorsteine, zum Theil in Gegenwart von Zeugen nieder. „Die Schuhmacherfrau Pauline Neumann aus Ober-Peilau, auf dem Felde zwischen diesem Orte und Kleutsch östlich von dem sogenannten Mittelberge mit einem Schubkarren nach Kleutsch hin sich bewegend, wurde bei leicht und größtentheils bewölktem Himmel plötzlich durch einen heftigen Knall, wie ein Kanonenschuß erschreckt, dem ein Knattern wie Kleingewehrfeuer folgte, so daß sie in südöstlicher Richtung in dem Walde östlich von Kleutsch Jäger vermuthete. Weiter gehend hörte sie kurz nachher ein starkes Summen oder Sausen und sah, sich nach rechts umwendend, mit einem dumpfen Schlage etwas in den Acker fallen und den lockeren schwarzen Boden aufwerfen. Sie rief eine andere in einiger Entfernung auf dem Felde arbeitende Frau herbei, um mit ihr gemeinschaftlich nachzusehen, was wohl dort herunter gefallen sein könne. Auf diese Weise wurde aus dem etwa 1 Fuß tiefen senkrechten Loche mittelst einer hölzernen Aschenschaufel ein mit einer schwarzen Rinde überzogener Stein von ihnen ausgegraben, welcher kalt war und in einem nahen Graben abgewaschen wurde. Der Stein wurde mitgenommen und von der zweiten Frau auch

1) S. den Bericht der Professoren J. G. Galle und A. von Lasaulx in den Monatsberichten der Berliner Akad. Juli 1879, S. 750.

ihrem Manne gezeigt, der ein Stück abschlug und durch den mittels einer dritten Person am folgenden Tage die Nachricht von dem Falle zur Kenntniß des Grafen Pfeil auf Gnadenfrei gelangte." Von diesem kam dann ein Bericht in die Schlesische Zeitung vom 20. Mai, durch den die Breslauer Professoren Galle und von Lasaulx veranlaßt wurden, am 24. und 25. Mai an Ort und Stelle nähere Erkundigungen einzuziehen.

Außer diesem etwa 1 Kilogr. schweren Steine, dessen Niederfallen, wie erzählt, aus einer Entfernung von ungefähr 50 Meter beobachtet wurde, fand man etwas später, aber noch an demselben Tage, einen etwas kleineren nordöstlich von dem Dorfe Schobergrund, ungefähr 3 Kilom. von der ersten Stelle entfernt.

Beide Steine waren ursprünglich, ehe sie zerschlagen wurden, rundum mit einer Schmelzrinde überzogen. Die Beschaffenheit derselben ist im Ganzen bei beiden gleich, nur ist die Farbe bei dem größeren Steine vollkommen schwarz, während sie bei dem Schobergrunder Steine über die ganze Oberfläche hin rostfleckig erscheint. Die Massen sind bei beiden Steinen nicht verschieden: „In einer lichtgrauen Grundmasse, die außerordentlich bröcklich ist, liegen zahlreiche kleine Kugeln, die größten von etwa 2 bis 3 Millim. Durchmesser, die kleinsten nur wie winzige Punkte erscheinend. Die Farbe der Kugeln ist weiß, grün oder dunkelgrau. Neben ihnen erscheinen größere und kleinere Partien von metallischem Eisen, auf der Bruchfläche nur wenig hervortretend, aber auf einer angeschliffenen Fläche reichlicher sichtbar werdend. Mit der Lupe nimmt man außerdem kleinkörnige, broncefarbene Partien von Magnetkies und vereinzelte, messinggelbe Flitter von Troilit wahr. Bei dem Schobergrunder Steine ist auch die Grundmasse stellenweise, besonders in der Nähe von Sprüngen, mit Rostflecken bedeckt, eine Folge der außerordentlich schnellen Oxydation des meteorischen Nickeleisens, auf die bereits G. Rose 1878 aufmerksam gemacht hat.

Das besonders reichliche Vorkommen von Kugeln gab beiden Steinen sehr bestimmt den Charakter echter Chondrite.

Durch Untersuchung von Dünnschliffen wurden Nickeleisen, Magnetkies, Troilit, Chromeisen, Enstatit, Olivin und die aus diesen beiden Mineralien gebildeten Kugeln als Bestandtheile

der Gesteinsmasse erkannt. Im Ganzen macht die Structur im Dünnschliff den Eindruck eines Trümmergesteines, besonders in Folge der vielen Kugelfragmente, welche sich vorfinden.

Das specifische Gewicht von drei Proben war bei 16° C.: 3,644; 3,712 und 3,785. Als Zusammensetzung ergab die chemische Analyse:

Fe = 22,24 Ni = 3,92	Nickeleisen mit 14,9 Proc. Ni	26,16	Proc.
Fe = 2,92 S = 1,87	$Fe_8 S_9$ Magnetkies und Troilit	4,79	„
FeO = 0,28 Cr_2O_3 = 0,57	Chromeisen	0,85	„
Unlösl. Silicat (Enstatit) = 34,03 Lösl. Silicat (Olivin) = 34,02	Silicat	68,05	„
		99,85	Proc.

Im Anschluß an diesen Bericht weisen wir noch auf eine Abhandlung von C. Rammelsberg „über die Fortschritte in der Kenntniß der chemischen Natur der Meteoriten“ hin, die derselbe in der Gesammtsitzung der Berliner Akademie am 1. Mai vorigen Jahres vorgetragen hat.[1])

Für die Epochen und Perioden der periodischen Sternschnuppenschwärme des April, August und November, die man nach ihren Radiationspunkten als Lyraïden, Perseïden und Leoniden zu bezeichnen pflegt, hat Wolf „aus allen bekannten älteren und neueren Erscheinungen“ folgende Werthe abgeleitet:[2])

Bezeichnung des Schwarmes	Epoche	Hauptperiode	Unterperiode
Lyraïden	1122,33 ± 0,35	42,07 Jahr	7,01 Jahr
Perseïden	1452,04 ± 0,36	104,06 „	8,05 „
Leoniden	1366,89 ± 0,33	33,28 „	Keine

Fixsterne und Nebel.

Parallaxe. — Der Stern 9. Größe 11677 des Oeltzen'schen Katalogs, dessen Position für 1875,0

1) Monatsber. der preuß. Akad. d. W. 1879. S. 371.
2) Astron. Nachr. Bd. 96, Nr. 2299.

Rectascension 11 Std. 13 Min. 30,68 Sec.
Declination 66° 31′ 25″ 0

ist, besitzt, wie Fearnley früher bemerkt hat[1]), eine starke Eigenbewegung von — 0,507 Sec. in Rectascension und 0″ 21 in Declination. Derselbe ist Gegenstand einer Reihe parallactischer Beobachtungen gewesen, welche H. Geelmuyden vom 4. September 1878 bis 14. October 1879 angestellt hat. Mit Benutzung eines an einem Merz'schen Refractor von 7 Zoll Oeffnung angebrachten Fadenmikrometers verglich er den Stern mit einem benachbarten und aus den beobachteten Differenzen in Rectascension und in Declination berechnete er die Parallaxe. Für diese ergab sich nun aus 222 Rectascensions-Differenzen der Werth 0″ 270 ± 0″ 075 und aus 206 Declinations-Differenzen 0″ 242 ± 0″ 043.[2]) Es scheint hiernach außer Zweifel, daß dieser Stern eine merkliche Parallaxe besitzt, deren genauer Werth allerdings wegen unsicherer Kenntniß der Eigenbewegung noch nicht angegeben werden kann. Setzt man ihn 0″ 26, so würde das Licht, um von dem Sterne zu uns zu gelangen, etwa 12½ Jahr gebrauchen

Photographie der Spectra von Fixsternen. Schon Anfang der sechsziger Jahre hat W. Huggins im Verein mit W. A. Miller versucht, die Spectra von Fixsternen zu photographiren. Anderweitige Arbeiten verhinderten ihn aber, diese Versuche früher wieder aufzunehmen als im Jahre 1875, wo er sich im Besitz eines von Grubb gelieferten Uhrwerks zur genauen Bewegung des Fernrohrs sah und gegründetere Aussicht auf guten Erfolg haben konnte. Bereits im December 1876 konnte er der Königl. Gesellschaft in London einen vorläufigen Bericht über diese Arbeit geben und eine Vergleichung zwischen dem Spectrum der Wega (α in der Leyer) und dem der Sonne vorlegen. Eine ausführlichere Darstellung des Verfahrens und der gewonnenen Resultate giebt eine am 18. December von ihm der Königl. Gesellschaft überreichte Abhandlung.[3])

Da die Lichtmenge, welche von den Sternen zu uns kommt, nur gering ist, so ist es von Wichtigkeit, das Spectrum nicht

1) Astron. Nachr. Bd. 92, Nr. 2192.
2) Dies. Bd. 96, Nr. 2287.
3) Nature XXI, p. 269.

weiter auszubreiten, als zur deutlichen Trennung der Hauptlinien desselben nöthig ist. Der Spectralapparat, welcher schließlich angewandt wurde, besteht aus einem Prisma von Isländischem Kalkspath und Linsen von Quarz. Das mit diesem Apparate erhaltene Spectrum hat von der Fraunhofer'schen Linie G bis zur ultravioletten Linie O eine Länge von ungefähr einem halben englischen Zoll (1 1/4 Centimeter); die Trennung der Linien ist so scharf, daß man im Sonnenspectrum von H bis K wenigstens sieben zählen kann.

Obgleich die Anwendung eines Spaltes viel Lichtverlust mit sich bringt, so wurde behufs Erlangung von Vergleichsspectren doch immer ein solcher benutzt; seine Weite beträgt 1/350 Zoll oder 0,87 Millimeter. Der Schlitz ist mit zwei Schiebern versehen; mit Hilfe derselben kann man die eine Hälfte des Schlitzes verdecken, um durch die andere auf derselben Platte, auf welcher sich das Sternspectrum befindet, ein Sonnen- oder anderes Spectrum zur Vergleichung und Bestimmung der Lage der einzelnen Linien zu entwerfen. Der Apparat wurde an einem Cassegrain'schen Spiegelteleskop mit einem Metallspiegel von 18 Zoll = 46 Centimeter angebracht. Der kleine Spiegel, der bei diesem Reflector die vom Hauptspiegel reflectirten Strahlen auffängt, ehe sie sich im Brennpunkte vereinigt haben, wurde entfernt und der Spalt des Spectralapparates in den Hauptbrennpunkt gesetzt. Durch ein einfaches Verfahren wurde das Bild des Sternes genau auf den Spalt gebracht und dort während der ganzen Dauer der Exposition, oft über eine Stunde lang, erhalten.

Verschiedene photographische Methoden wurden versucht; aber die große Empfindlichkeit, die man Gelatineplatten geben kann, und die Vortheile, welche Trockenplatten bei langer Expositionszeit gewähren, führte schließlich zur alleinigen Anwendung dieses Verfahrens.

Die Lage der Linien wurde mit einem Mikrometer gemessen, das an einem schwach vergrößernden Mikroskop befestigt war; zur Ermittelung der Wellenlänge diente die Vergleichung mit den Spectren der Sonne und irdischer Körper, wobei Cornu's Darstellung des ultravioletten Theiles des Sonnenspectrums und Mascart's Bestimmung der Wellenlänge der Kadmiumlinien benutzt wurden.

Auf solche Weise wurden photographirte Spectra erhalten vom Sirius, der Wega, Deneb (α im Schwan), α in der Jungfrau, η im großen Bären, Atair (α im Adler), Arctur, α und β im Pegasus, Beteigeuze, Capella, α im Herkules, Rigel, desgleichen von den Planeten Jupiter, Venus, Mars und kleinen Theilen der Mondoberfläche.

Von diesen Sternen gehören Wega, Sirius, η im großen Bären, α in der Jungfrau, Atair und Deneb zu den weißen Sternen. In den Photographien ihrer Spectra sind zwölf typische starke Linien zu unterscheiden. Die mindest brechbare derselben coincidirt mit der Wasserstofflinie γ in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie G, die nächste mit der Wasserstofflinie h, die dritte mit Fraunhofer's Linie H; die Linie K tritt nur dünn und unansehnlich auf, wenn sie überhaupt vorhanden ist. Die Linien H und K fallen mit Linien im Spectrum des Calcium zusammen und werden gewöhnlich Dämpfen dieses Elements zugeschrieben; es giebt indessen ein anderes Paar heller Calciumlinien, denen nach Cornu die Wellenlängen von 3736,5 und 3705,5 Zehnmilliontel-Millimeter zukommen, die im Spectrum der weißen Sterne nicht zu finden sind. Die Wellenlängen der erwähnten zwölf Linien, ausgedrückt in Zehnmilliontel-Millimetern sind folgende:

bei G . . .	4340	δ . . .	3767,5
h . . .	4101	ε . . .	3745
H . . .	3968	ζ . . .	3730
α . . .	3887,5	η . . .	3717,5
β . . .	3834	ϑ . . .	3707,5
γ . . .	3795	ι . . .	3699

Ein continuirliches Spectrum ist in den Photographien noch bis über die Linie S hinaus erkennbar, doch lassen sich jenseits ι keine Linien mehr unterscheiden.

Die Linie K, welche, wie erwähnt, in den Spectren dieser Sterne entweder gar nicht oder nur sehr schwach auftritt, findet sich im Spectrum des Arctur in einer Breite und Helligkeit, welche die im Sonnenspectrum noch übertrifft.

Hermann W. Vogel, Professor an der Gewerbeakademie in Berlin, hat nun im Februar und Juli 1879 photographische Aufnahmen wasserstoffhaltiger Geißler'scher Röhren

publicirt [1]), bei denen er eine Anzahl neuer Wasserstofflinien gefunden hat. Unter diesen fällt besonders $H\,d_\varepsilon$ durch ihre Intensität und ihr Zusammenfallen mit H′ Fraunhofer auf (3969). An die Existenz dieser Linie knüpft nun Vogel noch einige Bemerkungen.

Lockyer hat auf Grund der Thatsache, daß das Spectrum des Calcium in hoher Temperatur sich ändert, die Vermuthung ausgesprochen, daß dieses Element dissociirt werde und in zwei Körper zerfalle, von denen der eine die erste Fraunhofer'sche Linie H, der andere die zweite liefern soll. Zwar ist es ihm nicht geglückt, diese Dissociation des Calciums mit irdischen Wärmequellen nachzuweisen; er glaubt aber, daß dieselbe in der hohen Temperatur der weißen Sterne erfolge. Dabei beruft er sich auf die schon damals bekannten Mittheilungen Huggins' über die Spectra des Sirius und der Wega, in welchen die erste H Linie ebenso dick ist, wie die von Secchi verzeichnete 4. Wasserstofflinie, während die zweite gänzlich fehlt oder kaum sichtbar ist. Vogel aber deutet [2]), wie Huggins, die in den Fixsternspectren isolirt auftretende H′ Linie als eine Wasserstofflinie, und er stützt sich dabei einestheils auf die Thatsache, daß die Wellenlängen seiner Wasserstofflinien $H\,d_{\varepsilon,\,\zeta,\,\eta,\,\vartheta}$ so gut übereinstimmen mit denen der in Huggins' letzter Publikation mit H, α, β, γ bezeichneten Linien. Er betrachtet demgemäß alle diese Linien für Wasserstofflinien und ist auch geneigt, die übrigen von Huggins angegebenen für solche zu halten; freilich reicht sein eignes Wasserstoffspectrum nicht weit genug ins Ultraviolett, um eine directe Bestätigung dieser Vermuthung zu liefern.

Es bedarf noch genauerer Untersuchungen, um festzustellen, ob diese ultravioletten Wasserstofflinien sich auch im Sonnenspectrum finden. Die Anwesenheit der fünften Wasserstofflinie wird sich schwer feststellen lassen, da sie durch die anliegende breite Calciumlinie verdeckt ist. Dagegen glaubt Vogel, daß sie schon umgekehrt in der Chromosphäre gesehen worden ist. Wenn Lockyer auf die Beobachtungen von Young hinweist, denen zufolge die Linie H′ 75 mal und H″ (Lockyers K) nur 50 mal in

---

1) Monatsber. der Berl. Akad. 1879, S. 116, 586; ein Auszug aus der Vogel'schen Arbeit folgt weiter unten in der Optik.

2) Astron. Nachr. Bd. 96, Nr. 2301.

die Chromosphäre injicirt gesehen wurde, und wenn Lockyer dieses selbstständige Auftreten von H′ ohne H″ aus der von ihm vorausgesetzten Dissociation des Calciums erklärt, so glaubt Vogel dagegen, daß die einzeln gesehene angeblich umgekehrte Linie H′ die fünfte Wasserstofflinie ist.[1])

Einen neuen Stern hat Baxendell im Sternbild des kleinen Hund, südlich von dem Stern der „Bonner Durchmusterung" + 8° Nr. 1848, entdeckt. Vogel und Müller suchten ihn auf dem Potsdamer Observatorium am 16. December 1879 auf. Er war röthlich gefärbt und „zeigte ein höchst interessantes stark ausgeprägtes Bandenspectrum." Bei der Wiederholung der Beobachtungen am 7. Februar 1880 schätzte Müller seine Größe zu 9,3, er war entschieden schwächer als der Stern der Bonner Durchmusterung + 8° 1846, der ihm in fast gleicher Declination etwa 30 Sec. vorangeht; die Farbe war röthlich gelb. Beim ersten Blick durch das Spectroskop machte es fast den Eindruck, als wäre das Spectrum nur halb vorhanden, so stark waren die brechbarsten Theile absorbirt. Doch wurden im sehr matten Blau und im Violett deutlich drei breite dunkle Streifen erkannt, und mehrere nicht so breite schienen sich im Grün, Gelb und Roth zu befinden. Ein gleiches, nur weniger stark ausgeprägtes Spectrum fand Vogel auch bei dem gelb gefärbten Sterne B. D. + 8° 1846, während dasjenige von B. D. 8° 1848 continuirlich ohne auffallende Streifen ist.[2])

Doppelsterne. — Dr. Doberck in Markree Castle, der sich seit Jahren mit den Doppelsternen beschäftigt, hat wieder einige Bahnen berechnet, die wir hier folgen lassen:

Stern	☊[3])	λ	γ	e
Σ 3062[4]) . .	39° 9′	92° 7′	32° 11′	0,4472
OΣ 298[5]) . .	14 38	342 31	56 10	0,4872

1) Neuerdings hat Vogel auch eine Wasserstofflinie Hd 3769 beobachtet.

2) Astron. Nachr. Bd. 96, Nr. 2298.

3) Es bedeutet ☊ Länge des aufsteigenden Knotens, λ Längendifferenz zwischen Knoten und Periastron, γ Neigung der Bahn, e Excentricität.

4) Astron. Nachr. Bd. 95, Nr. 2277.

5) Dies. Nr. 2280.

Stern		☊	λ	γ	e
4 Aquarii [1]) . .		340° 14′	235° 0′	56° 37′	0,4613
μ^2 Herculis [1]) .		57 57	156 21	60 43	0,3023
Σ 235 [2]) . .	I.	96 17	129 55	60 13	0,5870
	II.	99 35	134 55	54 27	0,5000

		T [3])	P	a
Σ 3062 . . .		1835,508	102,943	1″270
OΣ 298 . . .		1812,96	68,802	0,886
4 Aquarii . .		1751,96	129,84	0,717
μ^2 Herculis . .		1877,13	54,25	1,46
Σ 235 . .	I.	1839,10	94,406	1,066
	II.	"	"	0,980

Bei einer von Doberck auf Grund der Angaben in Struve's Werke „Mensurae micrometricae" vorgenommenen Untersuchung über die Farben der Doppelsterne findet derselbe [4]), daß es zwei Classen von Doppelsternen giebt: solche, in denen die Componenten die gleiche Färbung haben, und solche mit complementär gefärbten Componenten. Weiße Sterne herrschen in der ersten Classe vor; demnächst kommen die gelben, die auch in der zweiten Classe häufig als Hauptsterne auftreten. Nie ist der Hauptstern blau, wohl aber öfters der Begleiter, und zwar zeigt eine nach dem Abstande der Componenten geordnete Zusammenstellung, daß die Anzahl der blauen Begleiter schnell wächst mit der Entfernung, während bei geringer Entfernung beide Componenten gleich gefärbt sind. Es stimmt dies überein mit der Wahrnehmung Struve's, daß die Helligkeit im Allgemeinen um so verschiedener ist, jemehr die Farben von einander abweichen; denn es wächst bekanntlich auch der Unterschied der Helligkeit mit der Entfernung.

In einer andern, an derselben Stelle [4]) veröffentlichten Arbeit zeigt Doberck, daß die meisten physischen Doppelsterne einen Hauptstern 7. bis 8. Größe haben, und daß die Wahrscheinlichkeit einer physischen Zusammengehörigkeit da ist, wenn beide Componenten ungefähr gleiche Helligkeit besitzen.

1) Astron. Nachr. Bd. 96, Nr. 2287.
2) Dies. Nr. 2294.
3) Es bedeutet T Zeit des Durchgangs durchs Periastron, P Umlaufszeit in Jahren, a scheinbare große Halbachse.
4) Astron. Nachr. Bd. 95, Nr. 2278.

Veränderliche Sterne. — Ausführliche Berichte über Beobachtung veränderlicher Sterne haben der Mechaniker Friedrich Schwab[1]) in Marburg, jetzt in Clausenburg, und der Director der Athener Sternwarte Julius Schmidt[2]) veröffentlicht.

Bezüglich des Farbenwechsels von α im großen Bären (vergl. dieses Jahrb. XIII, S. 50; XV, S. 61) sind Zweifel laut geworden. Prof. A. Safarik in Prag konnte keinen solchen Farbenwechsel erkennen, sondern fand den Stern immer gleichförmig orangegelb, mehrmals an denselben Abenden, während Weber in Peckeloh ihn gelblichweiß oder feuerroth sah.[3]) Desgleichen hat auch Dr. von Konkoly[4]) in O-Gyalla bei seinen colorimetrischen Beobachtungen keinen Wechsel der Farbe zu constatiren vermocht, und ebensowenig zeigte das Spectrum des Sternes merkliche Aenderungen, weder in der Vertheilung der Linien, noch in der Intensität einzelner Farben.

Eine mathematische Theorie des Lichtwechsels der veränderlichen Sterne hat Professor Hugo Gyldén, Director der Sternwarte zu Stockholm, auf der im September vor. Jahres in Berlin abgehaltenen achten Generalversammlung der Astronomischen Gesellschaft vorgetragen. Derselbe nimmt an, daß dieser Lichtwechsel eine Folge der Rotation ist, veranlaßt durch relativ sehr geringe Massenversetzungen auf der Oberfläche eines rotirenden, ursprünglich flüssigen und dann mit Schlackenbildungen sich bedeckenden Körpers, wodurch wesentliche Aenderungen der Richtungen der Hauptachsen veranlaßt werden. Die Rotation geht daher nicht um eine feste Achse von statten. Gyldén hat auch versucht, den Lichtwechsel von β in der Leyer nach seiner Theorie darzustellen.[5])

Auf einen neuen Gas-Nebel (planetarischen Nebel) hat Thomas Will. Webb aufmerksam gemacht; er hat nämlich endeckt, daß der von Argelander in der „Bonner Durchmusterung"

1) Astron. Nachr. Bd. 94, Nr. 2248 u. Bd. 95, Nr. 2269.

2) Dies. Bd. 94, Nr. 2239; Bd. 95, Nr. 2279; Bd. 96, Nr. 2297.

3) Dies. Bd. 96, Nr. 2283. Vierteljahrsschrift der Astron. Ges. Jahrg. 14, S. 367.

4) v. Konkoly, Beobachtungen am Observatorium zu O-Gyalla. 1879. S. 37.

5) Auszug in der Vierteljahrsschrift der Astron. Ges. Jahrg. 14, S. 339 und den Comptes rendus LXXXIX, p. 598.

+ 41°, Nr. 4004 aufgeführte Stern 8,5 Größe zur Classe dieser Körper gehört. Dr. Copeland auf dem Observatorium des Lord Lindsay in Dun Echt hat denselben genauer beobachtet.[1]) Er ist nicht rund, mit scharfem Kern nahe am vorstehenden Nordrande und leichter Lichtausströmung in der entgegengesetzten Richtung. Mit einem kräftigen Spectroskop wurden im Spectrum drei gut meßbare Linien gefunden, deren Wellenlängen mit den von D'Arrest für andere Gasnebel angegebenen: 500,4; 495,7 und 486,1 gut übereinstimmen. Die Intensität der Linien wurde 8, 5 und 1 geschätzt. Sein Ort ist für 1880

Rectascension 11 St. 2 Min. 31 Sec.
Declin. + 41° 45,3′.

Prof. Vogel in Potsdam, der ihn am 29. November und unter günstigeren atmosphärischen Verhältnissen am 9. December aufsuchte, fand ihn 4″ groß mit kernartiger Verdichtung und verwaschenen Rändern. Das Spectrum bestand aus 3 hellen Linien und einem continuirlichen Spectrum. Aus der gegenseitigen Lage der Linien schien zweifellos die Identität des Spectrums mit dem der planetarischen Nebel hervorzugehen.[2])

Auf der Sternwarte des Harvard College in Cambridge Vereinigte Staaten, ist man, wie Prof. Eduard C. Pickering berichtet[3]), damit beschäftigt, Lichtstärke, Dimensionen und Spectra aller dort sichtbaren bekannten planetarischen Nebel zu bestimmen. Zum Zwecke der Ermittelung der Lichtstärke wird ein außerhalb des Brennpunkts liegendes Bild eines bekannten Sternes entworfen, dessen Helligkeit gleich derjenigen des betreffenden Nebels ist; das Bild des letzteren wird gleichzeitig beobachtet. Zu jeder Bestimmung werden sechs Vergleichungen abwechselnd auf der einen und auf der andern Seite des Brennpunktes vorgenommen, und die Lichtstärke des Nebels wird schließlich ausgedrückt durch die Größenklasse eines Sternes, dessen Bild, auf einen Kreis von einer Bogenminute Durchmesser ausgebreitet, an Helligkeit dem Nebel gleichkommt. Bei dem Webb'schen Nebel wurde nun der Stern α im Schwan, den die Bonner Durchmusterung als 1,7. Größe aufführt, zur Ver-

1) Astron. Nachr. Bd. 96, Nr. 2292.
2) Dies. Nr. 2298; vergl. auch Winnecke's Beobachtung in Nr. 2293.
3) Nature XXI, p. 346.

gleichung genommen, und es zeigte sich, daß sein Licht auf einen Kreis von 3,8 Min. Durchmesser ausgebreitet werden muß, um auf die Helligkeit des Nebels herabzusinken. Die Lichtintensität von α Schwan ist also 3,8 . 3,8 = 14,4 mal so groß als die eines Sternes, dessen Bild auf einen Kreis vom Durchmesser von einer Min. ausgebreitet, die Helligkeit des Nebels besitzen würde. Bedient man sich nun der Pogson'schen Scala für die Größenklasse, bei welcher einer Zunahme der Größenklasse um die Einheit einer Abnahme des Logarithmus der Lichtintensität um 0,4 entspricht, und berücksichtigt man, daß der Logarithmus von 14,4 gleich 1,16 ist, so erhält man für die Lichtstärke des Nebels $1{,}7 + \frac{1{,}16}{0{,}4} = 4{,}6$. Ferner ergaben sich für den größten Durchmesser des Nebels 11 und für den darauf senkrechten 8 Secunden; die Fläche ist daher nur etwa $^1/_{590}$ von der des Kreises, in welchem das Bild des Vergleichssternes ausgebreitet wird, und dieser sendet uns also 590 (Log. = 2,77) mal so viel Licht zu als der Nebel. Behandelt man also den Nebel wie einen Fixstern, so findet sich für seine Größenclasse der Werth $1{,}7 + \frac{2{,}77}{0{,}4} = 8{,}6$, was auffällig mit der Angabe Argelanders übereinstimmt.

Veränderliche Nebel.[1]) — Im Jahre 1852 hat zuerst D'Arrest auf die Veränderlichkeit eines Nebelfleckes aufmerksam gemacht; es ist dies der von Hind am 11. October 1862 entdeckte Nebel im Stier, dessen Position für 1860,0 Rectasc. 4 Std. 13 Min. 48 Sec. Declin. + 19° 11′ ist. Bei demselben scheint das Centrum der Condensation um die ursprünglich beobachteten Punkte zu schwanken.

Seitdem ist zwar bei verschiedenen Nebeln die Veränderlichkeit vermuthet worden, aber erst 1877 konnte Prof. Winnecke in Straßburg ein zweites sicheres Beispiel nachweisen, nämlich den Nebel 278 in Herschels Katalog II, dessen Position 1860 Rectasc. 2 Std. 23 Min. 25 Sec., Declin. — 1° 43° war. Derselbe zeigt nicht nur eine Veränderlichkeit seines Lichtes, sondern, was vielleicht noch viel schwerer zu erklären scheint, periodische Schwankungen seiner Helligkeit.

1) Astron. Nachr. Bd. 96, Nr. 2293.

Später hat Winnecke noch einen veränderlichen Nebel aufgefunden, nämlich Herschel I, 20, dessen Position für 1860, 0 Rectasc. 11 Std. 17 Min. 11 Sec.; Declin. + 12° 7′ ist. Auch bei diesen machen es die Aufzeichnungen Herschel's aus dem Jahre 1833, Beobachtungen von Boguslawski von 1840 und Wahrnehmungen Winnecke's aus den Jahren 1856 und 1878 wahrscheinlich, daß er periodisch veränderlich ist.

II.

Physik und Meteorologie.

Theorie der Schwerkraft.

Daß jedes einzelne Theilchen eines Körpers eine anziehende Wirkung in die Ferne ausübt, welche direct proportional seiner Masse, und umgekehrt proportional dem Quadrat seiner Entfernung ist, gilt heutigen Tages als eine unbestreitbare Wahrheit. Auch kann angesichts der gewaltigen Fortschritte, welche die Mechanik des Himmels an der Hand dieses Gesetzes gemacht hat, nicht daran gezweifelt werden, daß in demselben die im Wesentlichen richtige mathematische Formel zum Ausdruck kommt, nach welcher die Bewegungen der Körper im Weltraume von statten gehen. Aber wenn die mathematische Formel auch quantitativ die äußere Form des Geschehens darstellt, so giebt sie damit noch nicht die Ursache der Erscheinungen an, sie macht die letzteren nicht begreiflich für unser Denken. In unseren Tagen setzt man sich freilich, angesichts der großen Tragweite und der glänzenden Erfolge des oben ausgesprochenen Gravitationsgesetzes, vielfach über die Schwierigkeiten hinweg, die dasselbe der denkenden Erkenntniß in der Annahme einer unvermittelten Wirkung in die Ferne darbietet, ja man wird sich in der Mehrzahl der Fälle gar nicht klar darüber, daß in dieser Annahme ein Problem verborgen liegt. „Wir haben uns“, sagt Lange in seiner trefflichen Geschichte des Materialismus [1]), „so sehr an die abstracte, oder vielmehr in einem mystischen Dunkel zwischen Abstraction und concreter

---

1) Gesch. des Materialismus. 2. Aufl. Bd. I, S. 261.

Fassung schwebende Vorstellung von Kräften gewöhnt, daß wir gar nichts Anstößiges mehr darin finden, ein Theilchen der Materie ohne unmittelbare Berührung auf ein anderes wirken zu lassen."

Der Entdecker des Gravitationsgesetzes, Newton, und seine Zeitgenossen nahmen einen anderen Standpunkt ein. Sie waren alle in den Anschauungen der Philosophie Descartes' aufgewachsen, der zufolge unsere Erde wie jeder andere Himmelskörper in dem in wirbelförmiger Bewegung begriffenen Aether ruht, der das Weltall erfüllt. Durch den Stoß der nach allen Richtungen sich bewegenden kleinen kugelförmigen Theile des Aethers, werden die Körper auf der Erde nach dem Mittelpunkte derselben getrieben, woraus sich der Fall der Körper zur Erde und ihre Schwere erklärt.[1]) Wäre der Raum rings um die Erde nicht mit Aether erfüllt, sondern leer, so würden durch den täglichen Umschwung der Erde um ihre Achse die lose auf ihrer Oberfläche liegenden Körper fort, in den Weltraum geschleudert werden.

In ähnlicher Weise sucht auch Robert Hooke, der bekannte Nebenbuhler Newtons, den Fall der irdischen Körper durch Wellenbewegung des umgebenden ätherischen Mediums zu erklären.[2])

Daß aber Newton selbst, wenigstens in früherer Zeit der Aetherhypothese beipflichtete, erhellt recht deutlich aus einem Briefe, den er im Januar 1675/76[3]) an Henry Oldenburg, den Secretär der königlichen Gesellschaft in London richtete: „Zuerst", schreibt er, „muß ein ätherisches Medium, wesentlich von der Constitution der Luft, aber dünner, feiner und viel elastischer angenommen werden. Man darf sich dieses Medium aber nicht aus gleichförmiger Masse bestehend denken, sondern es ist zum Theil aus dem schweren Hauptkörper des Aethers, zum Theil aus verschiedenen ätherischen Hauchen (spiritus) zusammengesetzt, etwa in der Weise wie die Luft aus

1) Renati Des-Cartes Principia philosophiae, Pars IV; 20, 21.

2) The posthumous works of Rob. Hooke, London 1705, p. XIV und 184.

3) Von den doppelten Jahreszahlen bezieht sich die erste auf die englische, die zweite auf die continentale Zeitrechnung. Die Engländer begannen nämlich bis zum Jahr 1753 ihr Jahr erst mit dem 26. März.

einem trägen Hauptkörper, untermischt mit verschiedenen Dünsten und Exhalationen, besteht; denn die elektrischen und magnetischen Effluvien und das Princip der Schwere scheinen für eine solche Mannichfaltigkeit zu sprechen. Vielleicht ist der ganze Bau der Natur nur eine Mannichfaltigkeit von verschiedenen Gruppirungen gewisser ätherischer Stoffe, die gleichsam verdichtet sind durch Niederschlag, sowie Dünste sich zu Wasser verdichten ... So sind vielleicht alle Dinge aus dem Äther entstanden ... Zweitens muß vorausgesetzt werden, daß der Aether sich in Schwingungen befindet, gleich der Luft, nur sind die des Aethers viel schneller und kleiner: während die in der Luft von der gewöhnlichen Stimme eines Menschen erregten Wellen in Entfernungen von einem halben bis einem ganzen Fuß aufeinanderfolgen, beträgt die Länge der Aetherwellen weniger als den hunderttausendsten Theil eines Zolles. Und wie in der Luft manche Wellen länger sind als andere, aber alle sich gleichschnell fortpflanzen (denn in einem Glockengeläut hört man in zwei oder drei Meilen Entfernung die Töne in derselben Reihenfolge, wie die Glocken angeschlagen werden), so setze ich voraus, daß die Aetherschwingungen in der Größe, nicht aber in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von einander verschieden sind."[1])

Aus demselben Jahre haben wir auch von Newton eine weitere Ausführung und Anwendung dieser Hypothese auf die Farbenlehre. Er nimmt an, „daß die in Bewegung begriffenen Körpertheilchen je nach ihrer Größe, Gestalt und Bewegungsart, in dem Aether Schwingungen von verschiedener Größe erzeugen, welche, wenn sie sich gemischt bis zu unseren Augen fortpflanzen, hier den Eindruck von Licht oder weißer Farbe erregen; wenn aber auf irgend eine Weise diejenigen von ungleicher Größe von einander getrennt werden, so bringen die längsten die Empfindung der rothen Farbe, die kürzesten die eines tiefen Violett und die zwischenliegenden die Zwischenfarben hervor, gerade so wie Körper je nach ihrer verschiedenen Größe, Gestalt und Bewegung in der Luft Schwingungen von verschiedener Größe erregen, welche Töne von verschiedener Höhe geben." Weiter nimmt Newton an, „daß die größten Schwing-

1) History of the Royal Society of London by Thomas Birch. 1757, Vol. III, p. 249.

ungen am meisten befähigt sind, den Widerstand brechender Oberflächen zu überwinden und mit der geringsten Ablenkung hindurch zu gehen, weshalb auch Schwingungen von verschiedener Größe, das heißt Lichtstrahlen von verschiedener Farbe, welche im Licht gemischt sind, durch Brechung getrennt werden müssen und so die Erscheinungen der Prismen und anderer brechenden Substanzen hervorbringen. Daß es ferner von der Dicke einer dünnen durchsichtigen Platte oder einer Blase abhängt, ob die Schwingungen von ihrer zweiten Oberfläche zurückgeworfen werden oder durchgehen, so daß, je nach der Zahl der Schwingungen, die zwischen beiden Flächen liegen, sie für verschiedene auf einander folgende Dicken reflectirt oder durchgelassen werden können. Und da die Schwingungen, welche blaues und violettes Licht geben, kürzer vorausgesetzt sind, als diejenigen, welche Roth und Gelb geben, so müssen sie bei geringerer Dicke von der Platte reflectirt werden, was ausreichend ist zur Erklärung all der gewöhnlichen Erscheinungen dieser Plättchen und Blasen, sowie der natürlichen Körper, deren Theile als ebensoviele Bruchstücke solcher Plättchen erscheinen."[1])

Dieselben Ansichten spricht Newton auch 45 Jahre später in der zweiten Auflage seiner Optik vermuthungsweise wieder aus.[2]) Obgleich die Geschichte der Physik längst von diesen Stellen Kenntniß genommen hat, so ist es doch vielleicht nicht überflüssig hier auf sie aufmerksam zu machen; gilt doch Newton immer noch gar Vielen als der einseitige Verfechter der Emissionstheorie des Lichtes.

Speciell über die Ursache der Schwere hat Newton seine Ideen auseinander gesetzt in einem unterm 28. Februar 1678/79 an Robert Boyle gerichteten Schreiben: „Ich will noch eine Vermuthung aussprechen, die mir beim Niederschreiben dieses Briefes einfiel; sie betrifft die Ursache der Schwere. Zu dem Zwecke will ich annehmen, der Aether bestehe aus Theilchen, die in unendlichen Abstufungen der Feinheit von einander verschieden sind, . . . in der Weise, daß von der äußersten Grenze der Atmosphäre bis zur Erdoberfläche und von dieser wiederum

1) Philos. Transactions; Nov. 18, 1672. No. 88, Vol. VII, p. 5088.

2) Newton's Optics. Second edition, 1717. Book III, appendix, query 13.

bis zum Mittelpunkte der Erde der Aether allmählich feiner und feiner wird. Man denke sich nun einen Körper in der Luft schwebend oder auf der Erde liegend, und der Aether möge, der Hypothese entsprechend, in den höher liegenden Poren gröber sein als in denjenigen der unteren Theile, und da jener gröbere Aether weniger geeignet zum Aufenthalt in jenen Poren sei, als der feinere weiter unten, so werde er versuchen heraus zu gehen und dem feineren Platz zu machen, was nicht geschehen kann, ohne daß die Körper abwärts gehen, um oben Raum für jenen zu gewinnen ..." [1]) Man sieht, daß Newton damals noch weit davon entfernt war, die Schwere für eine kosmische Erscheinung zu halten.

In seinem Hauptwerke, den 1687 erschienenen „Principien der Naturphilosophie" hat Newton sich über die wahre Ursache der Gravitationserscheinungen gar nicht bestimmt ausgesprochen, es kommt ihm ausschließlich darauf an, das mathematische Gesetz festzustellen und die aus demselben sich ergebenden Folgerungen zu entwickeln. So sagt er im Eingange des 11. Abschnittes des ersten Buches, daß er die Centripetalkräfte als Anziehungen betrachte, „obgleich sie vielleicht, wenn wir uns der Sprache der Physik bedienen, richtiger Anstöße genannt werden müssen. Wir befinden uns nämlich jetzt auf dem Gebiete der Mathematik und bedienen uns deshalb, indem wir von physikalischen Streitigkeiten absehen, der uns vertrauten Benennungen, damit wir von mathematischen Lesern um so leichter verstanden werden." Ferner heißt es in dem Schluß-Scholium desselben Abschnittes: „Die Benennung Anziehung (attractio) nehme ich hier allgemein für jeden Versuch der Körper an sich einander zu nähern; mag jener Versuch aus der Wirkung, der entweder nach einander hinstrebenden oder mittels ausgeschickter Geister (spiritus) sich gegenseitig antreibenden Körper entstehen; oder mag er aus der Wirkung des Aethers, der Luft oder irgend eines körperlichen oder unkörperlichen Mediums hervorgehen, das die in ihm schwimmenden Körper auf irgend eine Weise gegen einander hintreibt." Charakteristisch für Newtons Standpunkt ist ferner der Schluß des ganzen Werkes:

---

1) The Works of Isaac Newton, edited by Sam. Horseley. Vol. IV, p. 385—94.

„Bisher habe ich die Erscheinungen des Himmels und des Meeres durch die Kraft der Schwere erklärt, aber die Ursache der letzteren habe ich noch nicht angegeben. Jedenfalls rührt diese Kraft von einer Ursache her, welche bis zum Mittelpunkt der Sonne und der Planeten dringt ohne Verminderung ihrer Wirksamkeit. Sie wirkt nicht nach Verhältniß der Oberflächen der Theilchen, auf welche sie einwirkt (wie die mechanischen Ursachen), sondern nach Verhältniß der Menge der festen Materie, und ihre Wirkung erstreckt sich in unendliche Fernen nach allen Seiten hin, indem sie stets im doppelten Verhältniß der Entfernungen abnimmt. Die Schwere gegen die Sonne ist zusammengesetzt aus der Schwere gegen die einzelnen Theilchen der Sonne ... Den Grund dieser Eigenschaften der Schwere habe ich noch nicht aus den Erscheinungen ableiten können und Hypothesen erdenke ich nicht. Alles nämlich, was nicht aus den Erscheinungen folgt, ist eine Hypothese zu nennen, und Hypothesen, mögen es nun metaphysische oder physische oder diejenigen der verborgenen Eigenschaften (qualitates occultae) sein, haben in der Experimentalphilosophie keinen Platz. In dieser werden die Sätze aus den Erscheinungen abgeleitet und durch Induction verallgemeinert. So sind die Undurchdringlichkeit, die Beweglichkeit und der Stoß der Körper, sowie die Gesetze der Bewegung und der Schwere erkannt werden. Und es genügt, daß die Schwere wirklich existirt und nach den von uns dargelegten Gesetzen wirkt, und daß sie ausreicht zur Erklärung der Bewegungen der Himmelskörper und unseres Meeres.

„Es könnte hier noch Einiges hinzugefügt werden über einen äußerst feinen Hauch (de spiritu quodam subtilissimo), welcher die groben Körper durchdringt und in ihnen enthalten ist. Durch seine Kraft und Wirkung ziehen sich die Theilchen der Körper wechselseitig bis in die kleinsten Entfernungen und haften aneinander, wenn sie sich berühren; und die elektrischen Körper wirken in größeren Entfernungen, um die benachbarten Körper anzuziehen oder abzustoßen; und das Licht wird ausgesandt, zurückgeworfen, gebrochen, gebeugt und erwärmt die Körper; alle Empfindungen werden erregt und die Glieder der Thiere nach Belieben bewegt durch die Schwingungen dieses Hauches, welche sich durch die festen Nervenfäden von den

äußeren Sinnesorganen zum Gehirn und vom Gehirn zu den Muskeln fortpflanzen. Dies läßt sich aber nicht mit wenig Worten auseinander setzen; auch ist noch keine ausreichende Anzahl von Versuchen vorhanden, um die Gesetze der Wirkungen dieses Hauches genau bestimmen und beweisen zu können."

Daß Newton sich der Schwierigkeiten wohl bewußt war, die für das Denken in der Annahme einer unvermittelten Wirkung in die Ferne liegen, geht besonders deutlich aus einigen Stellen in den Briefen hervor, die er in den ersten Monaten des Jahres 1692/93 an Dr. Richard Bentley richtete.[1]) So schreibt er in dem zweiten dieser Briefe unterm 17. Januar: „Sie sprechen einigemal von der Schwere als den Körpern wesentlich und ihnen innewohnend. Ich bitte, nicht mir diese Vorstellung zuzuschreiben; denn die Ursache der Schwere zu kennen, ist etwas was ich nicht behaupte, und ich möchte daher mehr Zeit nehmen zum Nachdenken darüber."[2]) Noch unumwundener spricht er sich in dem dritten Briefe vom 25. Februar folgendermaßen aus: „Es ist unbegreiflich, daß unbeseelte todte Materie ohne Vermittelung von etwas Anderem, was nicht materiell ist, ohne wechselseitige Berührung auf eine andere Materie wirken und sie afficiren soll, wie es der Fall sein muß, wenn die Schwerkraft im Sinne Epikurs für die Materie wesentlich und ihr innewohnend sein soll. Und dies ist ein Grund, weshalb ich wünschte, Sie möchten die den Körpern innewohnende Schwere nicht mir zuschreiben. Daß die Schwere der Materie angeboren, inhärent und wesentlich sein sollte, so daß ein Körper auf einen andern in der Ferne wirken kann, durch den leeren Raum hindurch ohne Vermittelung von etwas anderem, wodurch die Wirkung vor dem einen auf den anderen übertragen werden kann, ist für mich eine so große Absurdität, daß ich glaube, es wird Niemand, der in philosophischen Dingen ein competentes Urtheil hat, jemals darauf verfallen. Die Schwere

1) Der Kritiker und Philolog Bentley war von den Verwaltungsräthen einer von Rob. Boyle herrührenden Stiftung veranlaßt worden, acht Vorlesungen zur Bekämpfung des Atheismus zu veröffentlichen; er schickte diese Arbeit mit einigen Fragen an Newton, welcher ihm in den erwähnten vier Briefen antwortete, die Bentley nachher seinem Buche als Anhang beifügte.

2) The Works of Isaac Newton, Vol. IV, p. 437, 438.

muß verursacht werden durch ein Agens, welches beständig nach gewissen Gesetzen wirkt; ob aber dieses Agens materiell oder immateriell ist, habe ich der Erwägung meiner Leser anheimgestellt.[1])

Ein Vierteljahrhundert später, in der Vorrede zur zweiten Auflage seiner „Optik" (1717), kommt Newton noch einmal auf diesen Punkt zu sprechen und verwahrt sich sorgsam gegen die Autorschaft der Lehre von einer unvermittelten Wirkung in die Ferne.

Solchen Zeugnissen gegenüber kann man nicht an der Berechtigung des Satzes zweifeln, den E. Du Bois-Reymond in seiner auf der 45. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte 1872 gehaltenen Festrede aussprach: „Durch den leeren Raum in die Ferne wirkende Kräfte sind an sich unbegreiflich, ja widersinnig, und erst seit Newton's Zeit durch Mißverstehen seiner Lehre und gegen seine ausdrückliche Warnung den Naturforschern eine geläufige Vorstellung geworden."

Diese falsche Auffassung der Newton'schen Lehre hat aber ihrer raschen Verbreitung hindernd im Wege gestanden. Sie ist Schuld daran, daß insbesondere auf dem Festlande Newton's „Principien" trotz der Anerkennung, die man dem mathematischen Scharfsinne ihres Autors zollte, so langsam Eingang fand. Selbst Männer wie Leibniz und Huygens konnten sich mit dem Gravitationsprincip Newton's nicht befreunden, und Prof. Rud. Wolf thut ihnen wohl Unrecht, wenn er behauptet, sie „stellten sich, wie wenn sie dessen Grundprincip als eine physikalische Absurdität ansehen würden."[2])

Fragt man nun, wer diese irrige Auffassung der Newton'schen Lehre verschuldet hat, so ist Newton's jüngerer Freund, der Mathematiker Roger Cotes (geb. 1682, gest. 1716) als derjenige zu nennen, der sich zuerst unumwunden zu dieser Auffassung bekannte; und zwar that er dies 1713, noch bei Lebzeiten Newton's, in der Vorrede zu der von ihm besorgten zweiten Auflage der „Principien." Die Schwere ist ihm gerade ebenso erwiesen, wie die Ausdehnung, Beweglichkeit und Undurchdringlichkeit der Körper. „Was bedarf es weiterer Worte?" so schreibt er, „unter den ursprünglichen Eigenschaften aller

1) The Works of Isaac Newton, Vol. IV, p. 437, 438.
2) Geschichte der Astronomie. München 1877, S. 469.

Körper findet entweder die Schwere einen Platz, oder Ausdehnung, Beweglichkeit und Undurchdringlichkeit finden ihn auch nicht. Und die Natur der Dinge wird entweder richtig erklärt durch die Schwere der Körper, oder sie wird nicht richtig erklärt durch die Ausdehnung, Beweglichkeit und Undurchdringlichkeit derselben.“ Weiterhin sucht er den Einwand zu beseitigen, als werde durch die Annahme der Schwere als einer unvermittelten Wirkung in die Ferne die alte scholastische Lehre von den verborgenen Ursachen wieder in die Physik eingeführt. „Wird man aber deshalb die Schwere eine verborgene Ursache nennen und sie unter diesem Namen aus der Philosophie zurückweisen, weil ihre Ursache verborgen und noch nicht gefunden ist? Die solches behaupten, mögen zusehen, daß sie nicht thörichterweise Etwas behaupten, womit sie endlich die Grundlage der ganzen Philosophie umstürzen würden. Die Ursachen pflegen nämlich in einer beständigen Verbindung von den zusammengesetzten zu den einfacheren fortzugehen; wenn man aber zu der einfachsten Ursache gelangt ist, so kann man nicht weiter gehen. Von ihr läßt sich keine mechanische Erklärung geben; denn wenn sie gegeben würde, so wäre die Ursache noch nicht die einfachste.“

Obwohl nun bei der allmählichen Verbreitung der Newton'schen Lehre die Cotes'sche Auffassung die herrschende wurde, so hat es doch zu allen Zeiten Einzelne gegeben, denen es nicht genügte, die anziehende Wirkung in die Ferne als ein einfachstes, keiner weitern Ableitung mehr fähiges Phänomen hinzustellen, die vielmehr den Versuch machten, die Anziehung durch die Bewegungen eines in und zwischen den Körpern befindlichen Mediums zu erklären. In einer vor einigen Jahren erschienenen Arbeit hat William W. Taylor in Washington[1]) eine ziemliche Anzahl solcher Versuche vorgeführt, und in einer im vorigen Jahre veröffentlichten Schrift des Gymnasial-Oberlehrers Dr. C. Isenkrahe in Crefeld[2]) sind noch einige andere derartige Theorien in ihren Grundzügen vorgeführt, außerdem aber hat Isenkrahe selbst den Versuch einer Erklärung der Schwerkraft auf rein mechanischem Wege gemacht.

1) Kinetic theories of gravitation in dem Annual Report of the board of regents of the Smithsonian Institution for 1876. Washington 1877, p. 205—282.

2) Das Räthsel von der Schwerkraft. Braunschweig 1879.

Den Reigen eröffnet, wenn wir die chronologische Folge beachten, Newton's berühmter Zeitgenosse, Christian Huygens, welcher 1690, also zu einer Zeit, in welcher Newton's Lehre noch wenig bekannt war, eine Abhandlung „**Discours sur la cause de la pesanteur**" veröffentlichte.[1]) Seine Theorie schließt sich an einen einfachen Versuch an: Ein cylindrisches Gefäß mit kreisförmiger Grundfläche ist um seine senkrechte Achse drehbar; es ist mit Wasser gefüllt, und in diesem befindet sich auf der Grundfläche eine Kugel von beliebigem Material, die zwischen gespannten Fäden nur längs eines Durchmessers rollen kann. Wird nun das anfangs ruhende Gefäß gedreht, so entfernt sich die Kugel vom Mittelpunkte der Grundfläche nach dem Umfange hin und bleibt dort so lange, als die Rotationsgeschwindigkeit nicht abnimmt. Wird dann plötzlich das Gefäß in Ruhe versetzt, so wird das in demselben weiter kreisende Wasser die ruhende Kugel vom Umfange nach dem Mittelpunkte hindrängen, und diese wird sich so bewegen, als sei sie einer centripetalen Kraft unterworfen.

Um nun das Ergebniß dieses Versuches zur Erklärung der Thatsache verwerthen zu können, daß die Körper auf der Erde nach dem Mittelpunkte hinstreben, nimmt Huygens an, daß in dem kugelförmigen Raume, der die Erde und die auf ihr befindlichen Körper umfaßt, bis zu einer sehr großen Entfernung ein materielles Fluidum vorhanden, welches aus äußerst feinen, leicht beweglichen Massentheilchen besteht, die in beständiger sehr schneller Bewegung sind, und zwar so, daß die Mehrzahl aller Bewegungen auf concentrischen Kugelflächen stattfindet, deren gemeinsamer Mittelpunkt der Erdmittelpunkt ist. Ragt eine größere Masse in eine beträchtliche Anzahl von nach verschiedenen Richtungen bewegten Kugelschalen hinein, so wird dieselbe an ihren verschiedenen Punkten nach verschiedenen Richtungen gestoßen; es heben sich aber die Bewegungen längs der Kugelschalen auf, und die Masse verhält sich so, wie bei

1) Sie ist in latein. Uebersetzung abgedruckt in **Hugenii Opera reliqua.** Amstelodami 1728. Tom. I, p. 97—135. Vgl. auch die Programmabhandlung der Realschule in Königsberg in Pr. 1874: „Theorie der Newton'schen Gravitation und des Mariotte'schen Gesetzes. Eine Durchführung Huygens'scher Gedanken über die Schwere" von Hugo Fritsch.

dem erwähnten Experiment die Kugel zwischen den Fäden, sie wird von den kleinen bewegten Aetherteilchen nach dem Centrum hingedrängt.

Als Schwächen dieser Theorie haben Fritsch und Isenkrahe zweierlei hervorgehoben. Zunächst ist bei dem Fundamentalversuche die Geschwindigkeit der Wassertheilchen proportional dem Abstande von der Drehungsachse, und eine ähnliche Annahme hätte Huygens auch für das Medium machen sollen, das nach seiner Hypothese die Schwere veranlaßt; davon ist indessen bei ihm nicht die Rede. Sodann aber hängt der Erfolg jenes Experiments auch wesentlich von der Form des Körpers ab: bei einem Cylinder zeigt sich gar keine Wirkung, ein symmetrischer Doppelkegel verhält sich wie eine Kugel, ein mit der Spitze nach dem Centrum zeigender Kegel aber zeigt ein centrifugales Streben 2c. Sonach würde selbst die Annahme von Geschwindigkeiten, die dem Abstande vom Erdmittelpunkte proportional sind, nichts für die Erklärung der Erdschwere nützen; würde es doch von der Form der Körper abhängen, ob sie in einem solchen Medium zur Erde niederfallen oder emporsteigen.

Im Jahre 1707 veröffentlichte der französische Theolog Philippe Villemot in Lyon (geb. 1651, gest. 1713) ein seinerzeit vielgelesenes, jetzt augenscheinlich ziemlich selten gewordenes astronomisches Werk: „Nouveau Système ou Nouvelle Explication du Mouvement des Planètes“, in welchem er die Bewegung der Planeten auf Grund der Descartes'schen Wirbeltheorie zu erklären versuchte, wobei er als Ursache ihrer Gravitation einen Ueberschuß des Druckes auf ihrer Außenseite gegenüber demjenigen auf der Innenseite hinstellte, der verursacht werden sollte durch die mit wachsender Entfernung von der Sonne zunehmende Dichte des Mediums, welches den Wirbel der Sonne bildet.

Wesentlich auf dem Boden der Descartes'schen Wirbeltheorie steht auch die Erklärung der Gravitation, welche der ältere Johann Bernoulli in seinem „Essai d'une nouvelle physique céleste“ entwickelt hat, welche im J. 1734 den Preis der Pariser Akademie für die Frage nach den physischen Ursachen der verschiedenen Neigung der Planetenbahnen erhielt. [1]) Auch

1) Joh. Bernoulli Opera omnia. Lausanne et Genevae, 1742. Tom. III, p. 261—364.

der große Mathematiker Leonhard Euler hat in seinen „Briefen an eine deutsche Prinzessin“ den Versuch gemacht, die Schwere mittels des allenthalben im Weltall verbreiteten Aethers zu erklären.[1]) Aus noch früherer Zeit, nämlich aus dem Jahre 1745, stammt ein ähnlicher Versuch von Cadwallader Colden in Coldingham, Newyork, dessen Arbeit durch Kästner ins Deutsche übertragen worden ist.[2]) Wir übergehen aber diese älteren Theorien, um uns zu der Auseinandersetzung der originellsten von ihnen zu wenden, die vor ungefähr einem Jahrzehnt der englische Physiker Thomson aufs Neue in Erinnerung gebracht hat. Es ist dies die Theorie von Lesage.[3])

George Louis Lesage, geb. 13. Juni 1724 in Genf, der in seiner Vaterstadt als Privatgelehrter und Mitglied mehrerer Akademien lebte und dort in hohem Alter am 9. November 1803 starb, ist ein in mehrfacher Beziehung interessanter Mann. Es sei nur daran erinnert, daß er einer der Ersten war, welche mit Hilfe der Reibungselektricität einen Telegraphen herstellen wollten (1774). Mit der Schwere beschäftigte er sich schon frühzeitig, und sein Biograph Prévost erzählt, daß er schon im Alter von 23 Jahren die Erklärung für dieselbe gefunden habe. Voll Freude über die Entzifferung eines so ehrwürdigen Geheimnisses habe er gleich darauf, spät in der Nacht, am 15. Januar 1747 an seinen Vater geschrieben: „Gefunden, gefunden! Nie in meinem Leben habe ich solche Befriedigung empfunden, wie jetzt, wo es mir eben gelungen ist, durch die einfachsten Gesetze der geradlinigen Bewegung das Prinzip der allgemeinen Schwere vollständig zu erklären.“ Lesage hat seine Ideen mehrfach entwickelt, am ausführlichsten in der citirten Abhandlung.

Er stützt seine Ansicht auf eine eigenthümliche Grundan-

---

1) Vgl. insbesondere Brief 54 vom 7. Sept. 1760 und Brief 68 vom 18. Oct. 1760.

2) Erklärung der ersten wirkenden Ursache in der Materie, und der Ursache der Schwere. Aus dem 1745 in New-York gedr. Engl. übersetzt und mit einigen Anmerkungen begleitet von Abr. Gotthelf Kästner. Hamburg 1748.

3) „Lucrèce Newtonien“ in den Nouveaux Mém. de l'Acad. de Berlin. Année 1782, p. 404—432. Vgl. auch seinen Traité de Phyique mécanique, herausg. von Prévost, Genf u. Paris 1818.

sicht über die Constitution der Materie, bei welcher er schwere Körper (graves) und schwermachende Körperchen (corpuscules gravifiques) unterscheidet. Diese setzt er in dem Anhange zum Lucrèce Newtonien in folgenden Worten auseinander:

„Constitution der festen Körper.

„1. Ihre untheilbaren Theilchen sind Käfige (cages); z. B. leere Würfel oder Octaëder, d. h. solche, von denen nichts übrig gelassen ist als die zwölf Kanten.

„2 Die Durchmesser der Stäbe dieser Käfige, selbst wenn man sie in Gedanken vermehrt um den Durchmesser der schwermachenden Körperchen (wie man es thun muß, um zu ermitteln, ein wie großer Theil der letzteren aufgefangen wird), sind so klein im Verhältniß zum gegenseitigen Abstande der parallelen Stäbe desselben Käfigs, daß die Erdkugel nicht den zehntausendsten Theil der Körperchen auffängt, welche kommen um sie zu durchschreiten.

„3. Diese Durchmesser sind alle gleichgroß, oder wenn sie ungleich sind, so compensiren sich ihre Ungleichheiten. Letzteres will sagen, daß in den kleinsten einzeln wägbaren Molekeln (man sagt, daß dies $^1/_{32}$ Gran sei) der mittlere Durchmesser des einen nicht um $^1/_{10}$ vom mittlern Durchmesser der Stäbe des andern abweicht, und daß in den größeren wägbaren Massen diese mittleren Durchmesser nicht um $^1/_{100\,000}$ von einander verschieden sind. Weil nämlich jede wägbare Molekel aus einer so großen Zahl untheilbarer Theilchen besteht, so reicht der bloße Zufall hin, eine solche Compensation der Durchmesser herbeizuführen.

„Constitution der schwermachenden Körperchen.

„1. Entsprechend der zweiten der vorstehenden Voraussetzungen ist ihr Durchmesser, selbst hinzugefügt zu demjenigen der Stäbe der untheilbaren Partikeln, hinlänglich klein im Verhältniß zum gegenseitigen Abstande der parallelen Stäbe eines Käfigs, so daß die Gewichte der Himmelskörper sich nicht merklich von dem Verhältniß entfernen, das zwischen ihren Massen besteht.

„2. Sie sind isolirt; dergestalt, daß ihre fortschreitenden Bewegungen nothwendigerweise geradlinig sind.

„3. Sie sind so spärlich vertheilt, d. h. ihre Durchmesser sind im Verhältniß zu ihrer durchschnittlichen Entfernung so

klein, daß unter mehreren hundert immer nur eins im Laufe mehrerer Jahrtausende auf ein anderes stößt. Deshalb ist auch die Gleichförmigkeit ihrer Bewegung niemals in merklicher Weise gestört.

„4. Sie bewegen sich nach mehreren tausend Millionen verschiedener Richtungen, indem man als gleich gerichtet alle betrachtet, die sich parallel einer und derselben Geraden bewegen. . . .

„5. Parallel jeder Richtung bewegt sich ein Strom solcher Körperchen; der Querschnitt dieses Stromes hat denselben Umriß, wie die senkrechte Projection der sichtbaren Welt auf die Ebene dieses Schnittes.

„6. Die verschiedenen Theile dieses Stromes sind merklich gleich dicht, mag man nun neben einander liegende Theile von merklicher Ausdehnung oder auf einander folgende Theile vergleichen, bei denen der Durchgang durch eine Fläche eine merkliche Zeit erfordert. Ebenso ist es wenn man die verschiedenen Ströme mit einander vergleicht.

„7. Auch die mittleren Geschwindigkeiten, in gleicher Weise wie die Dichtigkeiten bestimmt, sind wesentlich gleichgroß.

„8. Diese Geschwindigkeiten sind mehrere Millionen mal größer im Vergleich zu denen der Planeten, als die Gravitation der Planeten gegen die Sonne größer ist als der größte Widerstand, von dem die seculären Beobachtungen anzunehmen erlauben, daß jene ihn erfahren. Sie sind beispielsweise mehrere hundert mal größer im Vergleich zur Geschwindigkeit der Erde, als die Gravitation der Erde gegen die Sonne, multiplicirt mit der Zahl, die uns angiebt, wie vielmal das Firmament die scheinbare Sonnenscheibe enthält, größer ist, als der größte Widerstand, von dem man wegen den seculären Aenderungen der Jahreslänge annehmen darf, daß ihn die Erde von Seiten der himmlischen Materien erleidet."

Die Erscheinung der gegenseitigen Anziehung der Körper wird nun nach Lesage dadurch hervorgebracht, daß von zwei Körpern, die einander gegenüberstehen, jeder den andern gegen die Stöße einer Anzahl derjenigen Theilchen des „schwermachenden" Mediums schützt, die sich in der Richtung der Verbindungslinie beider Körper bewegen. Jeder der beiden Körper dient als Schirm, der eine Anzahl dieser Theilchen auffängt.

Denken wir uns einen isolirten Körper A, so werden die Stöße dieser kleinen Theilchen, die von verschiedenen Seiten kommen, sich gegenseitig das Gleichgewicht halten; steht dem A aber ein zweiter Körper B gegenüber, der einen Theil dieser Körperchen auffängt, so empfängt A von der Seite von B weniger Impulse als von der entgegengesetzten, A wird also nach B hin getrieben, und ebenso wird B nach A hin getrieben. Es sind dies Vorstellungen, die uns ganz in derselben Weise wieder begegnen werden in der Theorie Isenkrahe's.

Aus dem ersten Viertel dieses Jahrhunderts gedenkt Taylor eines Versuches, den John Herapath in Bristol gemacht hat, um im Anschluß an die früheren Newton'schen Vorstellungen die Massenanziehung zu erklären. Derselbe kündigte zunächst im Jahre 1816, damals 23 Jahre alt, die Hypothese an [1]), „daß eine einzige Ursache für Wärme, Licht, Gravitation, Elektricität, Cohäsion ꝛc. existire, aus welcher sich alle diese Eigenschaften ergeben und leicht auf mathematischem Wege ableiten lassen." Fünf Jahre später gab er eine nähere Auseinandersetzung seiner Ideen [2]), wobei er zugleich erwähnte, daß er vor etwa zehn Jahren gelegentlich gewisser Untersuchungen über die Mondbewegung auf dieselben gekommen sei.

Newton hatte die Ursache der Schwere in der Wirkung eines elastischen Mediums gesucht, das mit wachsender Entfernung von dem dichten Körper eines Planeten oder der Sonne dichter wird; er hatte aber den Grund dieser Zunahme der Dichte des Aethers nicht weiter angegeben. Herapath glaubt nun diesen Grund in der Wärme des Planeten, beziehentlich der Sonne, gefunden zu haben, die den Aether, und zwar den der unteren, der Oberfläche näheren Schichten am stärksten ausdehnt. Da uns nun die Erfahrung auch zeigt, daß dichte feste Körper die Wärme mehr aufnehmen als weniger dichte, namentlich mehr als Gase, so werden auch die dichten Massen der Planeten, die ebenso wie das sie umgebende Medium von den Sonnenstrahlen erwärmt werden, sich mehr erwärmen als dieses Medium; sie werden daher ihrerseits eine gleiche Wirkung auf das Medium ausüben wie die Sonne, wenn auch nicht in so hohem Grade. Wenn daher, wie es Newton sich denkt, die

1) Thomson's Annals of Philosophy, 1816, Vol. VIII, p. 58.
2) Dies. 1821, Vol. XVII, p. 276.

Theilchen der Planeten gegen die Sonne hin getrieben werden durch die Ungleichheit des Druckes auf der der Sonne zugewendeten und auf der abgewandten Seite, indem die dichteren Theile des Mediums einen stärkeren Druck ausüben, als die weniger dichten, so wird derselbe Grund auch hinreichen zu erklären, weshalb Körper gegen die Planeten und andere materielle Glieder des Systems getrieben werden.

Weiterhin berichtet dann Herapath über seine mißglückten Versuche, die mathematischen Gesetze der Wärme aufzufinden, bis endlich im Mai 1814 seine Vorstellungen über das Wesen der Wärme eine vollständige Umwandlung erfahren. Bis dahin hatte er die Wärmeerscheinungen als Wirkungen eines elastischen Mediums betrachtet, jetzt aber erkannte er, daß man sie als Bewegungserscheinungen auffassen kann, wenn man sich die Gase, anstatt ihre kleinsten Theilchen mit abstoßenden Kräften auszustatten, als Aggregate von Atomen denkt, die in schneller Bewegung nach den verschiedensten Richtungen hin begriffen sind. Es ist dies die Stelle, auf welche 1851 einer der fruchtbarsten Förderer der mechanischen Gastheorie, der Engländer Joule, als auf eine der frühesten Darstellungen dieser Theorie hingewiesen hat. Herapath hat diese Theorie dann weiter auseinander gesetzt in einem größeren, zweibändigen Werke: „Mathematical Physics", das 1847 in London erschien. Er kommt darin auch wieder auf die Gravitationstheorie zu sprechen. „Indem wir die Principien darauf anwenden, die Temperaturen der Planeten zu bestimmen, kommen wir zu einem interessanten Ergebnisse: wenn wir nämlich dieselben alle von der Dichte der Erde voraussetzen, so finden wir nahezu denselben Betrag der Schwere gegen einen jeden von ihnen, der, wie man gefunden hat, wirklich vorhanden ist. Nur Merkur ist nicht inbegriffen, da unsere Kenntniß über ihn ungewiß ist.[1]) In Wahrheit ist indessen, wie Taylor bemerkt, Merkur deshalb ausgeschlossen, weil bei Herapath's Annahme, daß die absolute Temperatur eines Planeten umgekehrt proportional seinem Abstande von der Sonne sei, die Temperatur dieses innern Planeten sich zu groß ergiebt. Auch ist klar, daß wenn man die Größe der Attraction eines Planeten aus dem Ab-

1) Mathematical Physics. I. Introduction, p. XXV.

stande und der Rotationszeit eines Trabanten berechnet, die Annahme einer gleichen Dichte mit der Erde unzulässig erscheint.

Die Theorie einer thermogenen Gravitation, nach welcher also ein Körper B nur deshalb gegen den Centralkörper A hingezogen oder eigentlich hingeschoben wird, weil auf der von A abgewendeten Seite von B der Aether dichter ist, als auf der dem Körper A zugewendeten, wo er durch die Wärmestrahlung von A verdünnt wird, dürfte jedenfalls Bedenken mancherlei Art erregen.

Man sollte meinen, daß es möglich sein müßte, innerhalb der uns zu Gebote stehenden Temperaturen, den Einfluß der Wärme durch das Experiment direkt nachzuweisen. Herapath selbst gesteht aber unumwunden: „Wir haben keinen bestimmten Beweis dafür, daß die Anziehung durch Wärme vermehrt oder vermindert wird.“ Unsere heutigen Radiometer hätten ihm vielleicht einen solchen Beweis geliefert.

Der Gedanke, daß durch verschiedene Temperatur des Aethers auf entgegengesetzten Seiten des Körpers eine Druckdifferenz entstehen soll, ist aber überhaupt irrthümlich. Denn wenn der Aether durch Erwärmung dünner geworden ist, seine Molekeln also weiter von einander abstehen, so ist dagegen die Geschwindigkeit derselben eine größere geworden; da nun der Druck in der Gesammtwirkung der Stöße besteht, die der Körper von den Aethermolekeln empfängt, so kann derselbe sich durch Erwärmung des Aethers nicht ändern.

Aber selbst wenn durch verschiedene Erwärmung des Aethers auf entgegengesetzten Seiten des Körpers eine Druckdifferenz und eine scheinbare Anziehung gegen einen andern Körper erzeugt werden könnte, so würde dieselbe doch nicht dem von Newton aufgestellten Gesetze folgen, und insbesondere ist klar, daß sie nicht der Masse des anziehenden Körpers proportional sein würde. Herapath gesteht dies auch unumwunden zu, und ebenso bemerkt er, daß bei der thermogenen Anziehung das Gesetz von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung nicht gilt. „Denn noch nach unserer Theorie“ erklärt er [1]), „kann ein

1) Annals of Philosophy, 1821, Vol. XVII, p. 411; Mathematical Physics, Vol. I, p. 9.

Körper durch die Wirkung des flüssigen Mediums gegen einen andern hin getrieben werden ohne irgend eine Gegenwirkung; und dies kann nicht überraschen, wenn wir die Anziehung nicht als eine der Materie innewohnende oder wesentliche Eigenschaft betrachten, sondern lediglich als Wirkung eines dritten Körpers."

Auch der französische Physiker Jules Guyot ist unter denen zu nennen, welche eine kinetische Erklärung der Schwerkraft aufzustellen versucht haben. Schon frühzeitig — in seinen 1832 erschienenen „Eléments de Physique générale" hat derselbe allgemeine Ansichten über den gegenseitigen Zusammenhang der physikalischen Kräfte ausgesprochen. Er nimmt zwei Arten von Materie an, eine wahrnehmbare in gasförmiger, flüssiger und fester Gestalt, und eine nicht wahrnehmbare in dem „einfachen elementaren und atomistischen" Zustande eines ätherischen Mediums, das den ganzen Raum erfüllt und beständig einen außerordentlich starken Druck ausübt, dabei aber unendlich vielmal weniger dicht ist als ein Theilchen der wahrnehmbaren Materie. Ebenso nimmt er zwei Arten von Bewegung an, eine translatorische und eine oscillirende, und diese beiden Bewegungsformen sollen sich gegenseitig ergänzen und ineinander umwandeln können, so daß ihre Summe constant bleibt. Die Bewegung ist also etwas der Materie Eigenthümliches, sie ist unzerstörbar und der Masse proportional. Licht, Wärme, Schall und die Erregungen des Geschmacks und Gefühles sind die Ergebnisse molekularer Bewegungen oder Schwingungen, in gleicher Weise wie auch Elektricität, Magnetismus und Gravitation.

Im Jahre 1835 veröffentlichte er dann in dem Werke „Des mouvements de l'air et des pressions de l'air en mouvements" verschiedene Beobachtungen über die Erscheinungen, welche später unter dem Namen „akustische Anziehung und Abstoßung" (s. dieses Jahrb. VII, S. 77, XIV, S. 128) Gegenstand der Untersuchung verschiedener Physiker gewesen sind. Auf diese Beobachtungen und auf seine früher auseinandergesetzten Ansichten kommt er wieder zurück 1861 in seinem „Synthetischen Ueberblick über die Formen und Kräfte der Materie", in welchem er wieder behauptet, daß alle Eigenschaften der Körper Folgen ihrer translatorischen und Schwingungs-Bewegungen seien, und daß die Naturerscheinungen nur

unter der Voraussetzung eines beständigen Druckes des incoërcibeln Aethers auf die coërcible Materie und einer Reaction der letzteren zu stande kommen. „Wenn sich dann zeigen läßt, daß die Schwingung der Atome der Körper eine Verdünnung in der Sphäre der Wirksamkeit jedes Atoms verursachen kann und wirklich verursacht", so sieht er dies für einen Beweis dafür an [1]), „daß die Annäherung von Körperatomen wägbarer Materie der Verdünnung der imponderabeln Flüssigkeit und folglich der Verminderung ihres Druckes in dem Raume zwischen den Atomen eines und desselben Körpers zuzuschreiben ist", und daß wir also zu der Annahme genöthigt sind, „daß die Anziehung eine mechanische Kraft ist, welche besteht 1) in einer Verdünnung des Aethers zwischen Molekeln, Massen oder Himmelskörpern, hervorgerufen durch die unaufhörlichen Vibrationen der ponderabeln Materie; und 2) in der Gegenwirkung des äußeren Aetherdruckes auf dieselben Körper, hervorgerufen von dem allgemeinen Drucke des den ganzen Weltraum erfüllenden Mediums."

Diese Theorie, welche die Attraction als eine Folge der Schwingungen der Körperatome erscheinen läßt, erklärt nicht, woher diese Atome immer aufs Neue die kinetische Energie empfangen, die sie durch Mittheilung von Bewegung an den Aether verlieren. Findet aber kein solcher Ersatz statt, so muß mit der Zeit eine Schwächung der Attraction eintreten.

Auch Michel Faraday hat sich vielfach mit dem Problem der Massenanziehung beschäftigt; doch hat er nicht sowohl eine Theorie derselben aufgestellt, als vielmehr auf die wirklichen oder vermeintlichen Schwierigkeiten hingewiesen, die in der üblichen Vorstellung von dieser Kraft und dem Gravitationsgesetz liegen. Ueberzeugt von der Richtigkeit der Annahme, daß alle Naturkräfte nur verschiedene Aeußerungen einer und derselben Grundkraft sind, suchte er durch das Experiment den Zusammenhang zwischen Elektricität und Schwere nachzuweisen.

In einer am 28. November 1850 vor der Königlichen Gesellschaft in London gelesenen Abhandlung „über die mögliche Beziehung zwischen Schwere und Elektricität" [2]) erzählt

1) Presse Scientifique, 1861, Vol III, p. 130.
2) Philos. Transactions of the Royal Soc. 1851, Vol. 141, p. 1.

er, wie er eine Kupferdrahtspirale von beträchtlicher Länge, deren Enden mit einem empfindlichen Galvanometer verbunden waren, durch eine Höhe von 36 Fuß hat fallen lassen, in der Erwartung, einen Ausschlag der Galvanometernadel zu beobachten, wenn die Erde sich als ein elektrischer oder magnetischer Körper verhält. Aber weder hier noch bei anderen, ähnlichen Experimenten zeigte sich ein solcher Ausschlag.

Einige Jahre später stellte er in der Abhandlung „Ueber die Erhaltung der Kraft" [1]) die Behauptung auf, daß die Idee der Schwere das Princip der Erhaltung der Kraft gänzlich zu mißachten und in directem Widerspruch zu denselben zu stehen scheine. Es ist hier nicht der Platz, auf diese seitdem mehrfach erörterte Frage nochmals einzugehen.

Taylor führt noch eine Reihe von Autoren auf, die sich alle mehr oder minder eingehend mit dem Problem der Schwerkraft beschäftigt haben:

den Ingenieur Marc Seguin, der aber nicht sowohl eine Erklärung der Schwere, als eine Ableitung der Cohäsionserscheinungen aus der Schwere beabsichtigt [2]);

ferner F. de Boucheporn, der sich in einer am 30. Juli 1849 der Pariser Akademie vorgelegten Abhandlung [3]) kein geringeres Ziel setzt als den Nachweis, daß sich alle Naturgesetze ohne Annahme einer Kraft aus den zwei einzigen wesentlichen Eigenschaften der Materie, der Undurchdringlichkeit und der Trägheit ableiten lassen;

den Mathematiker Gabriel Lamé, der allerdings nur gelegentliche Bemerkungen über die Schwere macht [4]) und im Uebrigen die Aufsuchung des allgemeinen Princips, aus dem sich die Schwere und die andern Naturkräfte ergeben, für verfrüht und leicht die wirkliche Entdeckung aufhaltend hält;

J. Waterston in Edinburg [5]),

---

1) Philos. Magazine 1857, Vol. XIII, p. 228.

2) Comptes rendus XXVII (1848), p. 314; XXVIII (1849), p. 97; XXIX (1849), p. 425; XXXIV (1852), p. 85; XXXVII (1853), p. 703.

3) Dies. XXIX, p. 108 und „Principe générale de la Philosophie Naturelle", Paris 1853.

4) Leçons sur la Théorie mathématique de l'Elastisité des Corps Solides. Paris 1852, S. 2, 327, 332 u. f.

5) Philos. Magazine, 1858, Vol. XV, p. 329.

den Professor James Challis in Cambridge in England, dessen „Mathematische Theorie der Anziehungskraft" [1]) sich auf die Annahme gründet, „daß alle Körper aus kleinen kugelförmigen Atomen von verschiedener, aber unveränderlicher Größe und derselben inneren Trägheit bestehen, und daß die dynamischen Beziehungen und Bewegungen der verschiedenen Körper und ihrer Atome bestimmt werden durch den Druck des Aethers gegen die Oberflächen der Atome und der Reaction der letzteren gegen diesen Druck";

J. S. Stuart Glennie, der eine allgemeine abstoßende Kraft als Ursache der Schwere aufzustellen versuchte [2]) und sich die Materie zusammengesetzt dachte nicht aus einem elastischen Aether und unelastischen Atomen, sondern aus elastischen Molekeln verschiedener Ordnung rücksichtlich ihrer Größe und Dichte;

F. A. E. und Em. Keller, welche in den Wellenbewegungen des Aethers die Ursache der allgemeinen Massenanziehung erblickten [3]);

den Professor P. G. Tait in Edinburg, welcher Speculationen über die eigentliche Ursache der Kraft zwar für verfrüht hält, aber doch Grund zu haben glaubt zu der Annahme, daß sie von der Verbreitung einer in hohem Grade verdünnten Materie durch den Weltraum abhängt [4]), und der später in einem vor der Versammlung der British Association in Glasgow (1876) gehaltenen Vortrage [5]) die Idee der ultramundanen Körperchen Lesage's für den einzigen anscheinend hoffnungsreichen Versuch erklärt, der zur Erklärung des Mechanismus der Schwere gemacht worden ist;

Emile Saigey, der unter dem Schriftstellernamen Edgar Saveney in der Revue des deux Mondes, Nov. 1 und Dec. 15, 1866 einen populären Ueberblick über die moderne

---

1) Philos. Magazine, 1859, Vol. XVIII, p. 334; 1860, Vol. XIX, p. 89; 1862, Vol. XXIII, p. 319; „Principles of Mathematics and Physics", Cambridge 1869.

2) Philos. Magazine, 1861, Vol. XXI, p. 41, 276, 351; XXII, p. 62.

3) Comptes rendus LVI (1863), p. 531.

4) „The Dynamical Theory of Heat" im North British Review, Febr. 1864, später wiederholt in dem „Sketch of Thermodynamics", Edinburg 1868.

5) „Force" in Nature XIV, p. 459.

Physik und die neuern Ansichten über die Einheit der Naturerscheinungen gegeben hat;

James Croll in Edinburg, der die Bedenken Faraday's sehr ausführlich wiederholt, eine eigentliche Theorie der Anziehung aber nicht gegeben hat [1];

Leray und Boisbaudran, deren Ideen weiter unten skizzirt sind;

Frederick Guthrie, der 1870, unbekannt mit den älteren Beobachtungen Guyot's auf die durch tönende Schwingungen verursachte Anziehung aufmerksam machte und darauf hin die Ursache der Schwere in Aetherschwingungen suchte [2];

endlich William Crookes, dessen Versuche mit dem Radiometer bis auf das Jahr 1873 zurückreichen und der daran verschiedene Bemerkungen über die Schwerkraft geknüpft hat.

Wir wenden uns jetzt zu der von Leray aufgestellten Theorie, welche Faye am 6. September 1869 der Pariser Akademie vorgelegt hat. [3] Derselbe nimmt einen äußerst feinen, vollkommen elastischen Aether an, der durch das ganze Weltall verbreitet ist. In demselben soll es, wo kein Körper einen Einfluß übt, nach allen Richtungen gleich starke Strömungen geben; beim Durchgange durch einen Körper werden dieselben geschwächt, und zwar ist diese Schwächung proportional der Länge des im Körper durchlaufenen Weges und der mittleren Dichte längs desselben.

Ein isolirter Körper empfängt durch diese Ströme, die von allen Seiten kommend sich das Gleichgewicht halten, keine Bewegung. Was aber die Ströme beim Durchgang an Translationsgeschwindigkeit eingebüßt haben, das ist wahrscheinlich in Schwingungen der Körpermolekeln umgesetzt worden. Hierin sucht Leray die Ursache des Magnetismus, der innern Wärme und des Lichtes der Himmelskörper.

Stehen zwei Körper M und M' einander gegenüber, so sind die Aetherströme, die einen derselben von der Seite des andern her treffen, schwächer als die von der entgegengesetzten Seite kommenden, weil jene beim Durchgang durch den andern

1) Philos. Magazine 1867, (4) Vol. XXXIV, p. 450; 1876, (5) Vol. II, p. 241.
2) Das. 1870, Vol. XL, p. 354.
3) Comptes rendus LXIX, p. 615.

Körper geschwächt worden sind. Daher wird M gegen M′ und M′ gegen M hin getrieben.

Leray giebt dann noch Werthe der Impulsivkraft an, auf welche man bei Anwendung der Rechnung geführt wird, ohne indessen die Ableitung näher anzudeuten; diese Werthe entsprechen in der That dem Newton'schen Attractionsgesetz.

Die Veröffentlichung der Leray'schen Theorie gab dem durch seine spectralanalytischen Untersuchungen bekannten französischen Gelehrten Lecoq de Boisbaudran Veranlassung, seine Ideen der Pariser Akademie in der zweitfolgenden Sitzung derselben mitzutheilen.[1])

Lecoq de Boisbaudran nimmt an, daß zwei Körper, die durch einen absolut leeren Raum getrennt sind, nicht aufeinander wirken können; nur bei unmittelbarer Berührung findet eine Wirkung statt, und dann vollzieht sich der Austausch der Kräfte nach den Gesetzen der Mechanik.

Gäbe es nur eine einzige Art von Atomen, so würde der Austausch der Kräfte zwischen gleichen Massen stattfinden, und zwei Atome könnten sich nicht vereinigen. Man muß daher zweierlei primitive Atome annehmen: Aetheratome und ponderable (wägbare) Atome, wobei unter Atomen die kleinsten, nicht weiter theilbaren Theile verstanden werden.

Ein ponderables Atom inmitten des Aethers wird von dem letzteren nur in Schwingungen versetzt; sind aber zwei solche Atome vorhanden, so werden zwischen ihnen die Aetheroscillationen stärker geschwächt als anderwärts, beide werden daher gegen einander getrieben.

Die auf ein ponderables Atom ausgeübte Anziehung steht wegen der Trägheit des Aethers nicht im einfachen Verhältniß seiner Masse; denn wenn diese Masse der des Aetheratomes gleich wäre, so würde die Attraction Null sein. Giebt es wägbare Atome von verschiedenen Massen, so werden die Geschwindigkeiten ihres Falles ungleich sein; sind alle von gleicher Masse, so werden alle Körper gleich schnell fallen. Die Erfahrung scheint für das Letztere zu sprechen; aber schon sehr geringe Verschiedenheiten in den Massen der ponderabeln Atome würden hinreichen, um chemische Elemente von sehr verschiedenen

1) Comptes rendus, LXIX, p. 703.

Atomgewichten zu bilden, und die Ungleichheit der Fallgeschwindigkeiten könnte den nicht besonders darauf achtenden Beobachtern entgangen sein. „Es wäre daher von Interesse, Pendel mit einander zu vergleichen, die aus Stoffen von ungleichen Atomgewichten gebildet sind, welche entweder derselben chemischen Familie oder verschiedenen Familien angehören."

Zwei Körper ziehen sich im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernungen an, da sie als Schirme wirken, welche die Aetherwellen (theilweise) auffangen.

Wegen der Trägheit des Aethers ist die Anziehung nicht den wirklichen Massen proportional, ebensowenig wie der Zahl der wägbaren Atome in einem Körper.

Wenn zwei Himmelskörper von gleicher Zusammensetzung ungleiche Volumina haben, wird uns der kleinere dichter erscheinen, weil man in der Rechnung die Masse der Anziehung proportional setzt.

Uebrigens erblickt Lecoq de Boisbaudran in den Longitudinalschwingungen des Aethers die Ursache der Schwere. Die lebendige Kraft, welche der Abschwächung dieser Schwingungen in den Körpern entspricht, wird wahrscheinlich in Transversalschwingungen umgesetzt, die sich als Wärme- und Lichtstrahlung manifestiren.

Zu den verschiedenen von Taylor angeführten Theorien müssen, um eine wenn auch nur annäherungsweise vollständige Uebersicht zu gewinnen, noch verschiedene andere hinzugefügt werden.

Zunächst gedenken wir hier der von dem englischen Physiker Sir William Thomson 1867 aufgestellten Theorie der „Wirbelatome", die sich an eine ältere Theorie Rankine's anschließt. Eine ausführliche Darstellung derselben hat Tait in der zwölften seiner „**Lectures on some recent advances in physical science**"[1]) gegeben.

Thomson gründet seine Theorie auf einige Ergebnisse, welche Helmholtz in einer mathematischen Abhandlung „Ueber Integrale der hydrodynamischen Gleichungen, welche den Wirbelbewegungen entsprechen" veröffentlicht hat. In dieser Arbeit behandelt Helmholtz die Wirbelbewegungen einer ohne

1) London 1876. Deutsch von Wertheim. Braunschweig 1877.

Reibung sich bewegenden Flüssigkeit, und zwar kommt für die Thomson'sche Theorie speciell ein auf die Wirbellinien und Wirbelfäden bezüglicher Lehrsatz in Betracht. Mit dem ersteren Namen werden Linien bezeichnet, welche durch die Flüssigkeitsmasse so gezogen sind, daß ihre Richtung überall mit der Richtung der augenblicklichen Rotationsachse der in ihnen liegenden Wassertheilchen zusammentrifft; Wirbelfäden aber sind Theile der Wassermenge, welche man dadurch aus ihr herausschneidet, daß man durch alle Punkte des Umfanges eines endlich kleinen Flächenelements die entsprechenden Wirbellinien construirt. Helmholtz beweist nun, daß unter Voraussetzung gewisser, in der Natur erfüllter Voraussetzungen bezüglich des Wirkungsgesetzes der Kräfte, die von außen auf die Flüssigkeit wirken, alle Bewegungen so stattfinden müssen, daß jede Wirbellinie beständig aus denselben Flüssigkeitstheilchen zusammengesetzt bleibt. Da nun die Wirbellinien im Allgemeinen in sich zurücklaufende Linien sind, so enthält jeder Wirbelfaden eine bestimmte und beständig unveränderliche Menge von Flüssigkeit, welche ihre ringförmige Gestalt und ebenso ihren Ort verändern, ihre Verbindung aber nicht lösen kann.

Durch diese bemerkenswerthen Sätze kam Thomson auf die Idee, daß die Helmholtz'schen Wirbelringe die einzig wahren Atome seien, denn der alleinige Vorwand für die Annahme von unendlich festen und starren materiellen Theilchen bestehe in der Nothwendigkeit über die Ursache der unveränderlichen Qualitäten der verschiedenen Arten der Materie Rechenschaft zu geben. Helmholtz habe aber eine absolut unveränderliche Eigenschaft in der Bewegung irgend eines Theiles einer vollkommenen, d. h. von Zähigkeit und flüssiger Reibung freien Flüssigkeit nachgewiesen; ein solcher Theil, ein Helmholtz'scher Wirbelfaden, besitze also eine Eigenschaft, die ihn als ein Atom empfiehlt. Daher sieht Thomson in den Wirbelfäden oder Wirbelringen, die in einer continuirlichen, das Weltall erfüllenden vollkommenen Flüssigkeit gebildet sind, die eigentlichen Atome, d. h. die letzten untheilbaren Bestandtheile unserer Körperwelt. Als ein anschauliches Bild solcher Wirbelringe führt er die Rauchringe an, welche geschickte Tabakraucher in die Luft zu blasen wissen. Die Rauchringe repräsentiren freilich nur die einfachste Form der Wirbelringe, die von außerordentlicher

Mannichfaltigkeit, in den verschiedensten Arten verschlungen sein können. In der vollkommenen Flüssigkeit, mit welcher wir uns nach Thomson's Vorstellung das Weltall erfüllt denken müssen, können wir freilich Wirbelringe weder hervorbringen, noch die bestehenden zerstören. „Wenn wir also", so erläutert Tait diese Theorie, „W. Thomson's Voraussetzung adoptiren, daß der Weltraum mit etwas erfüllt ist, was wir kein Recht haben, gewöhnliche Materie zu nennen (obwohl es Trägheit besitzen muß), das wir aber eine vollkommene Flüssigkeit nennen dürfen; dann werden alle Theile dieses Fluidums, denen eine Wirbelbewegung mitgetheilt ist, für immer mit derselben behaftet bleiben; sie können dieselbe nicht aufgeben; sie wird ihnen immer als charakteristische Eigenschaft anhaften, wenigstens so lange bis der Schöpfungsact, der sie hervorgebracht hat, sie auch wieder vernichtet. Diese Eigenschaft der Rotation kann also die Grundlage alles dessen sein, was unseren Sinnen als Materie erscheint." Nachdem Tait weiter die von Helmholtz entwickelten, von uns theilweise schon oben angegebenen Eigenschaften erwähnt hat, fährt er fort: „Diese Vorstellung von den Wirbelatomen setzt uns in den Stand, eine große Menge von Eigenschaften der Materie zu erklären; sie hat aber auch unglücklicherweise (vielleicht sollte ich lieber sagen glücklicherweise) eine Reihe mathematischer Schwierigkeiten hervorgerufen, die ungleich größer sind als diejenigen, zu denen (wenigstens auf einer so frühen Entwickelungsstufe) die anderen Vorstellungen über die Beschaffenheit der Materie geführt haben. Thatsache ist, daß Helmholtz's Untersuchungen . . . nur den ersten Versuch bilden, mehr als einen einzelnen Schritt in das weite und schwierige Gebiet zu thun, ohne die Annahme, daß die kleinsten Bewegungen nicht rotirend sind. Das Thema der rotirenden Flüssigkeitsbewegung ist von rein mathematischem Gesichtspunkte aus so schwierig, daß bisher Niemand mehr gethan hatte, als gleichsam einen Blick darauf zu werfen, bis Helmholtz uns die fundamentalen Sätze gab; aber so schön sie sind, so bilden sie doch nur einen ersten Schritt. Zu untersuchen, was stattfindet, wenn ein kreisförmiges Wirbelatom mit einem anderen zusammenstößt und die ganze Bewegung nicht symmetrisch in Bezug auf eine Achse ist, das ist in der That eine Aufgabe, welche für die näch-

sten zwei oder drei Generationen vielleicht die Lebenszeit der besten Mathematiker von Europa in Anspruch nehmen kann, wenn nicht inzwischen eine mathematische Methode von unendlich vielmal größerer Leistungsfähigkeit als alles, was wir gegenwärtig haben, eigens zum Zwecke der Lösung dieses speciellen Problems gefunden wird."

Fragt man nun aber, welche Wirkung solche Wirbelatome auf einander üben und ob diese Wirkung mit der Schwere Aehnlichkeit hat, so hat Helmholtz gezeigt, daß die rotirenden Flüssigkeitstheilchen auch den übrigen Theilchen derselben Flüssigkeit Bewegungen mittheilen, aber nicht rotirende. Man kann bei den Ringen aus Tabakrauch die in der Luft erregten Strömungen wahrnehmen, wenn man das Gesicht in den Weg eines solchen Ringes hält; wenn der Ring in unmittelbare Nähe kommt, so fühlt man, wie der Wind durch seine Oeffnung bläst. Haben nun zwei ringförmige Wirbelfäden in einer Flüssigkeit dieselbe Achse, so wird jeder, abgesehen von seiner eigenen Fortbewegung auch der Bewegung der Flüssigkeitstheilchen folgen, die der andere hervorbringt. Haben sie gleiche Rotationsrichtung, so schreiten sie in gleichem Sinne fort, und es wird der vorangehende sich erweitern, dann langsamer fortschreiten, der nachfolgende sich verengern und schneller fortschreiten, schließlich bei nicht zu verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten den andern einholen und durch ihn hindurchgehen. Dann wird sich dasselbe Spiel mit den anderen wiederholen, so daß die Ringe abwechselnd einer durch den andern hindurchgehen. Haben die Wirbelfäden gleiche Radien, gleiche und entgegengesetzte Rotationsgeschwindigkeiten, so werden sie sich einander nähern und sich gegenseitig erweitern, so daß schließlich, wenn sie einander sehr nahe sind, ihre Bewegung gegen einander immer schwächer wird, die Erweiterung dagegen mit wachsender Geschwindigkeit geschieht. In diesen Bewegungserscheinungen ist nun Nichts der Wirkung der Schwere Analoges zu erkennen, und Thomson nimmt deshalb, um diese zu erklären zu der Theorie von Lesage seine Zuflucht, und seine Wirbelatome treten lediglich an die Stelle der käfigartigen Atome der Körper bei Lesage. Der Letztere nahm, wie der Leser sich erinnert, außerdem noch „schwermachende" Atome an, die durch ihre beständigen Stöße gegen die Körperatome die Erscheinungen der

Massenattraction hervorbringen. „Diese weitere Voraussetzung", bemerkt Tait, „erfordert eine Erklärung über die Wiedererstattung der Energie dieser kleinen Theilchen, die man sich natürlich als kleine Wirbel zu denken hat. Eine solche hat noch nicht vollständig gegeben werden können, obgleich bereits einige Schritte in dieser Hinsicht gethan worden sind."

Soweit die Darstellung von Tait. Es muß aber bemerkt werden, daß Thomson in einer Arbeit, die in den Verhandlungen der Edinburger Gesellschaft der Wissensch. 1871—72 abgedruckt ist [1]), sich derart auf den Boden der Theorie von Lesage gestellt hat, daß Zöllner's Vermuthung, als habe er seine Wirbelatome gänzlich aufgegeben, nicht unbegründet erscheint. In dieser Arbeit versucht Thomson auch zu erläutern, wie die schwermachende Energie den Körperchen wieder erstattet wird, in denen sie durch Zusammenstoß vermindert worden ist, obwohl diese Körperchen für die Gegenwart und die kommenden Jahrhunderte nur eine unbedeutende Minderheit bilden sollen, während die große Mehrheit noch frisch mit unverminderter Energie ausgestattet sein soll. Um diese Erklärung geben zu können, denkt sich Thomson die schwermachenden Theilchen als vollkommen elastische Kugeln. Ein Zusammenstoß erzeugt dann keine rotatorischen Bewegungen; wenn aber die Körperatome jedes eine ungeheuer große Masse besitzen im Vergleich zu den schwermachenden, und wenn die Substanz der letzteren weniger starr ist als die der ersteren, so muß jede Kugel, welche ein Körperatom trifft, mit verminderter Translationsgeschwindigkeit zurückkommen (Lesage nahm an mit $^2/_3$ der ursprünglichen), aber mit einer dem entsprechenden Verminderung der Energie, welche vollständig in Schwingungen seiner eigenen Masse umgewandelt ist. Was nun den Ersatz der verlorenen Energie anlangt, so bemerkt Thomson darüber folgendes:

„Clausius hat in die kinetische Gastheorie die wichtige Betrachtung der vibratorischen und rotatorischen Energie eingeführt. Er hat gezeigt, daß eine große Zahl elastischer Körperchen, die sich durch den leeren Raum bewegen und gelegentlich an einander treffen, durchschnittlich einen festen Theil ihrer gesammten Energie in Form von Schwingungen und Rota-

---

1) Daraus im Philos. Magazine, Mai 1873, Vol. XLV, p. 321.

tionen besitzen muß, während der andere Theil rein translatorisch ist. Selbst für den einfachsten Fall, denjenigen glatter elastischer Kugeln, hat noch Niemand das durchschnittliche Verhältniß der vibratorischen und rotatorischen zur translatorischen Energie mittels der abstracten Dynamik berechnet. Aber Clausius hat gezeigt, wie man dasselbe für die Körperchen irgend eines speciellen Gases aus der experimentellen Bestimmung des Verhältnisses seiner specifischen Wärmen für constanten Druck und für constantes Volumen ableiten kann. Er fand

$$\beta = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{\gamma - 1},$$

wo γ das Verhältniß der specifischen Wärmen, β das Verhältniß der ganzen Energie zum translatorischen Theile ist. Für Luft ist γ experimentell gleich 1,408 gefunden worden, was $\beta = 1,634$ giebt. Für Dampf sagt Maxwell auf die Autorität Rankine's, daß β gleich 2,19 sei, doch sei dies sehr unsicher. Wenn man zugiebt, daß die Gasmolekeln elastische Körperchen sind, so ist die Giltigkeit des Clausius'schen Princips unbestreitbar, und es liegt auf der Hand, daß der Werth des Verhältnisses β abhängig sein muß von der Gestalt jeder Molekel und von der Vertheilung der elastischen Starrheit durch dieselbe, wenn ihre Substanz nicht homogen ist. Ferner ist klar, daß der Werth von β für eine Reihe gleicher und ähnlicher Körperchen nicht derselbe sein wird nach dem Zusammenstoß mit Molekeln, die in Form oder elastischer Starrheit verschieden sind, wie nach dem Zusammenstoß mit Molekeln der eignen Art. Alles nun, was nothwendig ist, um Lesage's Theorie den Anforderungen der neuern Wissenschaft entsprechend zu ergänzen, besteht in der Annahme, daß das Verhältniß der ganzen Energie der Körperchen zu dem translatorischen Theile größer ist nach Zusammenstößen mit mundaner Materie als nach Zusammenstößen blos mit ultramundanen Körperchen. Diese Annahme ist weder mehr noch weniger bestreitbar als die Clausius'sche für Gase, welche gegenwärtig zu den allseitig anerkannten Wahrheiten der Wissenschaft zählt." Thomson schließt diese Auseinandersetzung mit der sicher zu weit gehenden Aeußerung, daß die corpusculare Theorie der Gravitation, was ihre Grundlagen betrifft, nicht mehr Schwierigkeiten dar-

biete als die kinetische Gastheorie; daß sie aber vollständiger sei, weil sie auf Grund von fundamentalen Annahmen höchst einfacher Natur alle bekannten Erscheinungen ihres Gegenstandes erkläre, was man von der kinetischen Gastheorie in ihrem gegenwärtigen (1871—72) Entwicklungszustande nicht behaupten könne.

Prof. Phil. Spiller in Berlin hat in seinem 1876 erschienenen Werke „Die Urkraft des Weltalls" eine Theorie der Schwere aufgestellt, die, an den von Newton 1678 ausgesprochenen Gedanken (s. oben S. 44) anknüpfend, sich auf die Annahme eines das ganze Weltall erfüllenden, vollkommen elastischen Aethers stützt. Ueber das Nähere der Hypothese können wir uns sehr kurz fassen: Spiller sucht zu zeigen, daß die Druckkräfte des Aethers innerhalb zweier paralleler Ebenen, die durch zwei Körperatome o und c senkrecht zu deren Verbindungslinie wirken, sich aufheben, daher o und c durch den Druck der außerhalb dieser Ebenen auf o und c wirkenden Aetherteile gegen einander getrieben werden. Indessen hat Isenkrahe schon vor einigen Jahren auffällige Fehler in dieser Ableitung bemerkt und Spiller darauf aufmerksam gemacht. Letzterer hat auch die Triftigkeit der erhobenen Einwände unumwunden zugestanden und seine in der „Urkraft" dargelegte Idee als unhaltbar aufgegeben. An der Erfüllung der Zusage, in einer neuen Auflage seines Buches wesentlich andere Gedanken einzuführen, hat ihn der Tod verhindert.[1])

Eine eigenthümliche Stellung zu der großen Mehrzahl der heutigen Naturforscher nimmt der Urheber der nun zu besprechenden Gravitationstheorie ein, Baron N. Dellingshausen auf Kattentack in Esthland. Während nämlich in der heutigen Naturwissenschaft die atomistische Theorie ziemlich allgemein anerkannt ist, stellt Dellingshausen an die Spitze seiner Naturanschauung die Sätze: „Die Materie ist continuirlich; die alleinige Ursache der Naturerscheinungen ist die Bewegung." Er hat diese Lehre schon 1851 in seinem Erstlingswerk „Versuch einer speculativen Physik" vorgetragen und seitdem an ihr festgehalten, auch in den beiden für die Gravita=

---

1) Vgl. Isenkrahe, das Räthsel von der Schwerkraft, S. 47, Anmerkung.

tionstheorie in Frage kommenden Schriften, der 1872 erschienenen „Vibrationstheorie der Natur“ und dem erst kürzlich als Antwort auf die Isenkrahe'sche Schrift veröffentlichten Buche „Das Räthsel der Gravitation“ (Heidelberg 1880). Daß Thomson, als er seine Theorie der Wirbelatome aufstellte, ebenfalls eine stetige Raumerfüllung mit Materie voraussetzte, haben wir bereits gesehen.

Da alle Naturerscheinungen auf Bewegungen zurückgeführt werden sollen, so untersucht Dellingshausen zunächst den inneren Zustand der Körper, er giebt die inneren Bewegungen an, deren thatsächliches Stattfinden durch die mechanische Wärmetheorie erwiesen ist. Dieselben können bei einer continuirlichen Materie nicht geradlinig fortschreitend sein, wie die Bewegungen, welche die kinetische Gastheorie den einzelnen Molekeln eines Gases beilegt; vielmehr sind im Inneren eines Körpers nur Rotationsbewegungen möglich. Die inneren Bahnen der einzelnen Punkte sind bei einem ruhenden Körper geschlossene Linien, und zwar solche von doppelter Krümmung, damit der Körper nach allen Seiten hin Widerstand leisten könne; bei einem bewegten Körper sind sie offene Linien. Diese rotirenden Bewegungen, die uns als Vibrationen erscheinen, wenn wir sie in einer bestimmten Richtung betrachten, pflanzen sich nun nach allen Richtungen hin fort. So entstehen fortschreitende Wellen und durch Interferenz derselben stehende Wellen. Letztere sind das Bleibende, Beständige gegenüber den fortschreitenden Wellen. In demselben Gegensatze steht auch die strahlende Wärme zu der ruhenden Wärme der Körper. Erstere ist vergänglich, sie verschwindet, wenn man die Wärmequelle verdeckt; letztere aber ist dauerhaft und beständig, wie eine stehende Welle. „Diese Uebereinstimmung liefert den Beweis, daß die Verschiedenheit der strahlenden und der ruhenden Wärme nur durch die Verschiedenheit der fortschreitenden und der stehenden Wellen erklärt werden kann.“ Bedarf es für Dellingshausen keines Wärmeäthers, um die Schwingungen der strahlenden Wärme fortzupflanzen, so erscheint ihm auch der Lichtäther überflüssig, „weil die Materie sehr wohl das Medium sein kann, welches die Lichtwellen fortpflanzt, und außerdem bei ihrer Continuität kein Raum für ein Imponderabilium vorhanden ist.“

Der Satz, daß die ruhende Wärme auf stehenden Schwingungen beruht führt Dellingshausen weiter zu seiner Ansicht über die Structur der Körper. Die stehenden Schwingungen einer Saite beispielsweise sind durch Knoten von einander geschieden, in denen Ruhe herrscht; ebenso sind auf einer schwingenden Membran oder Platte Knotenlinien vorhanden, und im Raume müssen wir uns die stehenden Wärmeschwingungen allseitig von Knotenflächen eingeschlossen denken, innerhalb deren die Schwingungen von statten gehen. Jeder Körper besteht hiernach aus einer Art Zellen, deren Wandungen eben die Knotenflächen sind; diese Zellen sind die kleinsten Theile der Körper und Dellingshausen hat sie früher „Vibrationsatome“ genannt, um sie von „den starren, im leeren Raume herumirrenden Kügelchen der atomistischen Theorie zu unterscheiden.“ Da er aber bei genauerer Untersuchung zu der Erkenntniß gekommen, daß die inneren Bewegungen nur dann als Vibrationen erscheinen, wenn man sie in einer bestimmten Richtung betrachtet, in Wirklichkeit aber Rotationen sind, so entspricht jener Name nicht mehr genau der Vorstellung, welche man sich über den inneren Bewegungszustand der Körper zu bilden hat und Dellingshausen bedient sich neuerdings statt seiner des Namens „stehende Wärmewellen“ oder auch des Thomson'schen Ausdrucks „Wirbelatome.“

Die qualitative Verschiedenheit der einfachen Körper sucht Dellingshausen „durch die verschiedene Periode ihrer inneren Bewegungen oder durch die verschiedene Schwingungsdauer ihrer Wärmevibrationen“ zu erklären, die Temperatur der Körper führt er auf „die Geschwindigkeit oder Intensität dieser Bewegungen“ zurück. In einem mathematischen Anhange zu seiner neuesten Schrift hat er auch die inneren Bewegungen der Körper näher untersucht. Er findet da, daß die kinetische Energie T in der Volumeneinheit zu dem äußeren Drucke P auf die Flächeneinheit in einem constanten Verhältnisse steht: $T = 9/4 \cdot P$, und unter der Annahme $P = 10334$ Kilogr. ergiebt sich für die kinetische Energie in einem Cubikmeter der für alle Körper giltige Werth

$$T = 23251 \text{ Meter-Kilogramm.}$$

Die Geschwindigkeit R in der Mitte der stehenden Schwingungen ist durch die Formel

$$R = \sqrt{\frac{6\,Pg}{S}}$$

gegeben, wo $g = 9{,}8$ Meter die Fallbeschleunigung, S das specifische Gewicht bedeutet; daraus folgen für die Geschwindigkeit der Wärmevibrationen in permanenten Gasen (bei 0° und mittlerem Drucke) die Werthe:

Wasserstoff . . .	2606	Meter,
Stickstoff	696	„
Sauerstoff . . .	651,5	„

welche um 41 Procent größer sind als die von Clausius angegebenen mittleren Geschwindigkeiten der Gasmolekeln.

Wir können indessen nicht weiter auf derartige Consequenzen der Dellingshausen'schen Grundvorstellung eingehen und wenden uns speciell zu seiner Erklärung der Anziehung. Uebrigens hat er in einer künftigen „Theorie des Hydroxyds" eine umfassendere Darstellung dieser Consequenzen in Aussicht gestellt.

Denkt man sich im weiten Weltraume ein kosmisches Medium ausgebreitet, aber keinen Körper sonst vorhanden, so wird jeder Punkt „durch seine elementaren Bewegungen der Ausgangspunkt von fortschreitenden Wellen, welche sich, nach allen Seiten sich ausbreitend und in jeder Richtung auf andere ihnen entgegenkommende Wellen treffend, durch gegenseitige Interferenz in stehende Wellen verwandeln würden." Auf diese Weise würde eine unterschiedlose Gleichheit und Unveränderlichkeit im Weltall bedingt werden. Anders ist es, wenn in dem kosmischen Medium ein Körper vorgebildet vorhanden ist. Dieser sendet nicht solche Wellen aus, wie vor seinem Dasein aus dem von ihm eingenommenen Raume ausgingen. Die Wellen des kosmischen Mediums, welche vorher mit diesen nunmehr fehlenden Wellen interferirten, werden jetzt „ihres zur Bildung stehender Wellen unentbehrlichen Gefährten oder Gegners beraubt, als fortschreitende Wellen weiter bestehen" und sich nach der Richtung fortpflanzen, aus welcher die fehlenden Wellen herkamen, sie werden sich also concentrisch nach dem das Gleichgewicht störenden Körper hinbewegen. Diese nach dem Körper hin gerichtete Wellenbewegung wird noch unterstützt durch den Umstand, daß der Körper die auf ihn treffenden Wellen mehr oder weniger absorbirt, wodurch noch mehr den heranrückenden Wellen entgegengehende beseitigt werden.

Die nach einem Körper hingerichteten Wellen, sogenannten Gravitationswellen, werden sich nun in ihrer Wirkung auf diesen Körper aufheben, so lange nur ein einziger Körper da ist; der letztere bleibt daher unbeweglich. Ist aber noch ein zweiter Körper in einiger Entfernung vom ersten vorhanden, z. B. außer der Sonne noch die Erde, so ist die Unbeweglichkeit beider nicht mehr möglich. „Dieser zweite Körper wird sich nicht mehr in einem vollkommen gleichförmigen Mittel befinden, sondern in einem Mittel, welches in der Richtung nach dem ersten Körper von fortschreitenden Gravitationswellen durchlaufen wird. Indem er von diesen Wellen getroffen wird und eine absorbirende Wirkung auf sie ausübt, wird er ... in eine nach dem Mittelpunkte desselben gerichtete beschleunigte Bewegung versetzt.“ Aber der zweite Körper äußert auf die ihn treffenden Wellen dieselbe Wirkung wie der erste, und so wird auch der erste Körper von dem zweiten angezogen.

Die Beschleunigung der Bewegung eines Körpers gegen einen andern hin oder die Intensität der Schwere wird zunächst bestimmt durch die Energie der Gravitationswellen, die ihrerseits wieder von der Absorptionsfähigkeit des Centralkörpers gegen fortschreitende Wellen abhängig ist. Da nun diese Fähigkeit der Trägheit oder Masse der Körper proportional ist, so ist auch die Beschleunigung der Schwere proportional der Masse des anziehenden Körpers.

Ferner übertragen die Gravitationswellen bei ihrer concentrischen Bewegung ihre Energie von einer Kugelfläche auf eine andere mit gemeinsamem Mittelpunkte im Centralkörper, und da die Energie auf der ganzen Kugelfläche immer dieselbe bleiben muß, so muß sie, auf gleiche Flächenstücke bezogen, umgekehrt proportional der Größe einer Kugelfläche, d. h. umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung vom Centralkörper sein.

Damit ist das Newton'sche Gravitationsgesetz abgeleitet.

Ungefähr gleichzeitig mit dem älteren Dellingshausen'schen Werke erschien eine Schrift von Heinr. Schramm, Director der Niederösterreichischen Landes-Oberrealschule in Wiener-Neustadt, betitelt: „Die allgemeine Bewegung der Materie als Grundursache aller Naturerscheinungen“ (Wien 1872 u. 73).

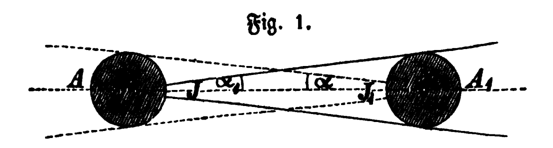
Schramm stellt als Grundprincip das folgende hin: „Die

aus Atomen bestehende Materie befindet sich im Zustande der Bewegung. Sind in einem Raume nur Atome gleicher Größe, so bewegen sich dieselben geradlinig und gleichförmig nach allen Seiten des Raumes. Die Zahlen der in gleichen Zeiten durch denselben Raum ziehenden Atome sind im Allgemeinen ungleich, nähern sich aber desto mehr einem constanten Werthe je längere Zeitabschnitte man in Betracht zieht." Die Atome denkt er sich als runde, wahrscheinlich kugelförmige, vollkommen elastische Körperchen von verschiedener Größe (um die verschiedene Härte und Dichte der Körper zu erklären), welche in verhältnißmäßig sehr großen Abständen im Raume vertheilt sind.

Ein größeres Atom oder ein „Molecül" unter den kleineren wird durch die von allen Seiten auf dasselbe ausgeübten Stöße in Schwingungen versetzt, die im Allgemeinen im Inneren einer Kugelfläche von statten gehen. Wenn das Molecül in fortschreitender Bewegung begriffen ist, so wird seine Geschwindigkeit beständig abnehmen, ohne jedoch gänzlich zu verschwinden, weil dasselbe von den Atomen in Richtung der Bewegung mit geringerer, in entgegengesetzter Richtung mit größerer Geschwindigkeit getroffen wird.

Befinden sich nun innerhalb eines mit kleinen Atomen erfüllten Raumes zwei größere Molecüle M und M_1 im Ruhezustand, so üben die ersteren auf die letzteren die Wirkung aus,

Fig. 1.



die wir sonst einer Anziehungskraft zuzuschreiben pflegen. Die beiden Atome empfangen nämlich von allen Seiten des Raumes Atomstöße mit Ausnahme von den Seiten J und J', welche einander zugekehrt sind (vgl. Fig. 1); denn die in der Richtung AA_1 und umgekehrt, innerhalb eines Winkelraumes vom Winkelradius α ziehenden Atome prallen an den Außenflächen der Molecüle ab, werden in den übrigen Weltraum reflectirt und können somit die inneren Seiten nicht treffen. Infolge davon kann der Oberflächentheil J (und J_1) innerhalb des

Winkelraumes α nur diejenigen Atome empfangen, welche von der ihm zugekehrten Fläche J_1 (beziehentlich J) reflectirt worden sind. Weil aber jede Reflexion eines Atomes eine gewisse, wenn auch sehr kleine Zeit τ in Anspruch nimmt, während welcher das Atom seine Geschwindigkeit nach einer Richtung einbüßt, nach einer andern Richtung wieder erlangen muß, so gelangen die reflectirten Atome, von welchen durchschnittlich in der Zeit t je eines einen bestimmten Punkt der Oberfläche J getroffen hätte, erst nach der Zeit $t + \tau$ zum Stoße. Während also die Außenseite A der Molecularfläche m' Atome treffen, stoßen gegen J nur

$$m' \cdot \frac{t}{t + \tau}$$

Atome, was für die Außenseite den Ueberschuß

$$m' \cdot \frac{\tau}{t + \tau} = m' \cdot k$$

giebt, dessen Stoßkraft das Molecül M dem Molecüle M' zu nähern strebt. Die Größe der Beschleunigung, mit welcher das Molecül M gegen M_1 getrieben wird, ist nun, wie näher nachgewiesen wird, proportional dem Werthe $\sin^2 \alpha$, also umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung x beider Molecüle.

Unter der Voraussetzung, daß die Geschwindigkeit der Molecüle gegen die Geschwindigkeit c der Atome vernachlässigt werden kann, findet Schramm für die Beschleunigung den Ausdruck

$$\frac{\varrho^2 \varrho_1{}^2 \pi m' k c}{M x^2},$$

in welchem ϱ und ϱ_1 die Halbmesser der Molecüle sind und M die Masse des angezogenen Molecüles ist.

Tritt ferner an die Stelle des Molecüles M_1 ein aus n weit auseinander stehenden Molecülen gebildeter Körper, so wird jedes Molecül eine gleiche Wirkung ausüben; die Gesammtwirkung ist daher proportional der Masse des zweiten Körpers.

Nach dieser Darstellung erscheint das Newton'sche Gravitationsgesetz als eine Folge der Einwirkung der in gleichförmiger Bewegung begriffenen kleinern Theile der Materie auf größere Massen. Die Giltigkeit des Gesetzes ist aber an gewisse Bedingungen geknüpft:

1) Die in der Zeiteinheit auf eine Flächeneinheit fallende Masse m' der beschleunigenden Atome, wie auch ihre Geschwindigkeit muß immer dieselbe bleiben;

2) Die beschleunigenden Atome müssen gegenüber den Molecülen eine sehr geringe Masse besitzen und der Halbmesser ϱ und die Masse M muß bei allen Molecülen gleich groß sein, weil in der Formel für die Beschleunigung der Werth $\frac{\varrho^2}{M}$ auftritt. Diese Bedingung würde erfüllt, wenn dieser Bruch, also das Verhältniß zwischen Masse und Oberfläche, bei allen Substanzen gleich groß wäre. Wir könnten uns deshalb die Molecüle als kleine Bläschen vorstellen, und diese Vorstellung „würde uns sogar die vorausgesetzte vollkommene Elasticität derselben leichter begreiflich erscheinen lassen, als es bei einer massiven Kugel der Fall ist."

3) Die Theilchen der Körper müssen verhältnißmäßig sehr weit auseinander stehen, so daß der Schluß gestattet ist, daß n Theilchen auch die nfache Wirkung ausüben.

4) Der Widerstand, den die Atome der Bewegung der Molecüle entgegenstellen, muß so gering sein, daß man ihn vernachlässigen kann.

Um also die allgemeine Gravitation auf diese Weise zu erklären, müssen wir annehmen, „der weite Weltraum sei mit äußerst kleinen Atomen erfüllt, welche sich mit sehr großer Geschwindigkeit nach allen Seiten des Raumes gleichförmig und geradlinig bewegen und alle Körper durchdringen." Diese Atome, deren Geschwindigkeit eine ungemein große sein und nach tausenden von Meilen zählen muß, bilden sonach eine Art Gas, das „Weltgas."

Denken wir uns innerhalb dieses Gases einzelne ruhende Atome, so werden diese durch die Anstöße der bewegten Atome gegen einander hingetrieben, es wird da, wo die ruhenden Atome eine dichtere Gruppe bilden, das zwischen ihnen befindliche Atomgas eine geringere Spannkraft erhalten als außerhalb derselben, und die Spannungsdifferenz zwischen dem stärkeren äußeren und dem schwächeren inneren Drucke muß ein allmähliches Zusammendrängen der Atomgruppe zu einem dichteren Aggregat bewirken, zu einem Molecül in dem üblichen Sinne, das sich Schramm mit den Eigenschaften eines flüssigen

Körpers behaftet denkt. Ein solches Molecül besteht aus zweierlei Atomen: den gebundenen, die als eigentliche Bestandtheile gelten, und den freien, nur durch Reflexion ins Innere eingedrungenen, die dort ein verdichtetes Gas bilden und nach Durchschreitung des Molecüles wieder als freie Atome austreten.

Wenn die mit gewissen Geschwindigkeiten den Raum durchlaufenden Molecüle auf einander stoßen, so vereinigen sie sich, und es entstehen größere Molecüle; doch erreicht diese Art der Vergrößerung bald eine Grenze, weil einestheils mit zunehmender Größe die Geschwindigkeit der Molecüle kleiner und die Zahl der Zusammenstöße geringer wird, und weil anderntheils eine Erstarrung der Molecüle eintritt, in Folge deren sie nach dem Zusammenstoße wie elastische Kugeln von einander prallen. Immerhin können wir annehmen, daß die Molecüle an Masse die Atome bedeutend, vielleicht billionenmal, übertreffen.

In ähnlicher Weise wie die Atome zu Molecülen sind die letzteren durch die Wirkung der freien Atome zu Körpern vereinigt worden.

Das Weltgas, d. i. die Gesammtheit der freien Atome, muß auch die Fortpflanzung des Lichtes bewirken, dessen Geschwindigkeit 42,000 geographische Meilen beträgt, und diese Größe benutzt Schramm zur Berechnung der mittlern Atomgeschwindigkeit des Weltgases. Es verhält sich nämlich bei wellenförmigen Bewegungen in Gasen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellenbewegung zur Atomgeschwindigkeit wie 2 : 3, wonach sich für die Atomgeschwindigkeit des Weltgases 63,000 geographische Meilen oder 467,000 Kilometer ergeben. Die Dichte dieses Mediums setzt Schramm dem 50millionten Theile der Luft bei 0° und 760 Millimeter Barometerstand gleich, weil unter dieser Annahme die jährliche Umlaufszeit der Erde um die Sonne um höchstens $^1/_{20}$ Secunde verkürzt werden kann.

Schramm glaubt den Satz aussprechen zu dürfen, daß die lebendige Kraft oder das halbe Product aus der Masse und dem Quadrat der Geschwindigkeit bei den Atomen und Molecülen gleich groß ist. Setzt man nun die erstere bei Luft = 1 Billion, bei dem Weltgase = 1, die Geschwindigkeit bei der Luft nach Clausius = 484 Meter, beim Weltgase = x, so erhält man

$x^2 = 1,000,000,000,000 . 485^2$,

also $x = 485,000,000$ Meter

oder 65,000 geographische Meilen,

und dies stimmt ganz erträglich mit der angegebenen Geschwindigkeit der Weltgasatome überein.

Sowie dieses Weltgas zwischen entfernteren Molecülen die Erscheinungen der Gravitation vermittelt, so ist es auch die Ursache der Cohäsion zwischen benachbarten Molecülen. Daß diese viel größer ist als jene, ist hauptsächlich dem Umstande zuzuschreiben, daß ein Atom zwischen zwei Molecülen, die um weniger als die mittlere Weglänge der Atome von einander entfernt sind, öfter anstößt und dabei die Verzögerung τ (s. oben) erleidet, daher der Coëfficient k größer wird. Die mittlere Weglänge der Atome, welche bedeutend größer als ihre mittlere Entfernung ist, bildet die Grenze für den Abstand der Molecüle, von welchem an die Schwere in Cohäsion übergeht. Außerdem gilt aber nach Schramm's Meinung der Satz, daß die scheinbare Anziehung umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung ist, streng genommen nur unter der Voraussetzung, daß die Entfernung von der Molecularoberfläche gemessen wird, weshalb bei kleinen Abständen ein stärkeres Wachsen eintritt, als nach dem Newton'schen Gesetz zu erwarten wäre.

Wir können Schramm nicht weiter folgen in seinem Versuche, die verschiedenen andern Naturerscheinungen, Wärme, Licht, Elektricität, Aenderungen des Aggregatzustandes und chemische Verbindungen als Wirkungen seines Weltgases oder Weltäthers begreiflich zu machen, und müssen uns begnügen, unsere Leser in dieser Hinsicht auf das interessante, wie es scheint bisher wenig beachtete, Werk desselben zu verweisen.

Anderntheils soll aber nicht verschwiegen werden, daß mit der Einführung absolut elastischer Atome an die Stelle der einen Schwierigkeit nur eine neue getreten ist; denn die Elasticität eines untheilbaren, einfachen Körpers ist etwas genau ebenso Unbegreifliches als die unvermittelte Wirkung in die Ferne. Nimmt man also dem Princip der Erhaltung der Energie zu Liebe die erstere an, so bleibt, wie schön immerhin die Folgerungen dieser Annahme mit den thatsächlichen Erscheinungen übereinstimmen mögen, das Problem übrig, die Elasticität der Atome begreiflich zu machen.

Eine gleich umfassende Aufgabe wie Schramm hat sich auch S. Tolver Preston gestellt. In dem Werke „Physics of the Ether“ (London 1875) sucht er nachzuweisen, daß alle physikalischen Vorgänge bezüglich ihrer letzten Ursache identisch sind und in einer Umsetzung von Bewegung bestehen. Die Grundlage seiner Theorie bildet ein Weltäther, der aus discreten Atomen besteht, welche sich nach den verschiedensten Richtungen hin geradlinig bewegen, mit einer Geschwindigkeit, die jedenfalls größer ist als die des Lichtes. Die Vibrationen dieses Aethers sind die Ursache der scheinbaren Anziehung der Körper, welche nach Analogie der von Guyot u. A. beobachteten „akustischen Anziehung“ zu stande kommt.

Die Unzulässigkeit der Annahme elastischer Atome des Weltäthers hat Pater Secchi in seinem Werke „Die Einheit der Naturkräfte“ (Deutsch von Schulze, Leipzig 1876) unumwunden anerkannt: „In der That setzt die Elasticität . . . im Innern des Moleküls einen leeren Raum voraus, welcher seine Form ändert, indem er sich zusammenzieht, um darauf in seine erste Gestalt zurückzukehren; betrachten wir nun die Atome als undurchdringliche Körper und nicht als Vereinigung fester Theilchen, so können sie nicht leere Räume in sich einschließen, welche ihnen Ausdehnung und Zusammenziehung gestatten. Was wir Molecül eines einfachen, d. h. chemisch nicht zersetzbaren Gases nennen, ist nicht ein elementares Atom, oder kann wenigstens nicht ein einzelnes sein. Wenn also dieses Gasmolecül ein Aggregat von wirklichen Atomen ist, so ist wohl möglich, daß es im Innern Poren hat, und daß ihm im Allgemeinen eine Anzahl Eigenschaften zukommen, welche die Atome, aus denen es besteht, nicht haben; es ist daher nicht absurd, ihm Elasticität beizulegen.“ Secchi glaubt nun auch, daß es nicht nöthig sei, den Atomen Elasticität zuzuschreiben, um die Zurückwerfung der Atome bei Zusammenstößen als nach den Gesetzen des Stoßes elastischer Körper von statten gehend annehmen zu dürfen; vielmehr soll es hierzu genügen, ihnen eine rotirende Bewegung beizulegen. Zu dem Zwecke beruft er sich auf die Untersuchungen, welche der französische Mathematiker Poinsot über den Stoß der Körper veröffentlicht hat.[1]) Der letztere

1) Liouville, Journal de Mathémat. Sept. 1857, p. 281; deutsch in Schlömilch's Ztschr. f. Math. u. Physik. Jahrg. III (1868), S. 143 u. 274

soll nach Secchi's Citat gezeigt haben, „daß nur durch die Rotation allein ein fester und nicht elastischer Körper in ganz derselben Weise zurückgeworfen wird, wie ein vollständig elastischer Körper; ja noch mehr; wenn ein solcher Körper gegen einen festen Widerstand trifft: so wird er oft mit größerer Geschwindigkeit zurückgeworfen, als er ursprünglich besaß.“

Secchi denkt sich nun einen Weltäther, der aus isolirten Atomen besteht, denen keinerlei innere, weder elastische, noch abstoßende, noch sonst andere Kräfte innewohnen, nur müssen sie undurchdringlich und bewegungsfähig sein. Diese Atome denkt er sich mit Rotationsbewegung begabt. Beim Zusammenstoße eines solchen Atomes mit einem anderen wird dann nicht eine in gerader Linie fortschreitende Bewegung hervorgebracht, sondern die Bewegung wird sich über einen kugelförmigen, den stoßenden Körper umgebenden Raum ausbreiten. „Denn da der Stoß im Allgemeinen nicht gerade im Pole der Rotation erfolgen, und da er auch gewöhnlich gegen die Achse eine schräge Richtung haben wird, so wird sich durch die Zusammensetzung der drehenden und der fortschreitenden Bewegung im stoßenden Atome eine schräg gerichtete Resultante ergeben, und sein Schwerpunkt wird vom gestoßenen Atome direct nach dem zunächst benachbarten und von diesem zum darauf folgenden zurückprallen, gerade wie ein vollkommen elastischer Körper inmitten anderer, die ebenfalls elastisch sind.“ Innerhalb dieses kugelförmigen Raumes soll nun nach Secchi die Dichte des Mediums vom Centrum nach der Außenfläche beständig zunehmen. Ist im Innern der von einem ersten Erschütterungscentrum A gebildeten Kugel ein zweites solches Centrum B vorhanden, so wird „die Menge der Materie und damit der Widerstand, den das stoßende Theilchen oder Atom B bei seiner Bewegung findet, nicht mehr in gleicher Weise wie zuvor symmetrisch vertheilt sein, sondern der Widerstand wird nach außen hin stärker, nach innen schwächer sein, indem der sich bewegende Körper auf der Verbindungslinie BA weniger Masse antrifft.“ Man sieht nun leicht, wie Secchi auf diese Weise zu einer scheinbaren Anziehung der Centra A und B gelangt. Er spricht sein Ergebniß in den Worten aus: „Nimmt man also an, daß die wägbare Materie aus Bewegungscentren zusammengesetzt ist, die in ein Mittel eintauchen, so folgt mit Nothwendigkeit,

daß ein jedes von ihnen das Streben besitzen muß, sich dem andern zu nähern, und daher wird überall, wo solche Centra bestehen, eine wirkliche Anziehungskraft erzeugt."

Diese ganze Betrachtungsweise ist indessen, wie Isenkrahe dargethan hat, durchaus illusorisch; der Poinsot'sche Satz hat nicht die Bedeutung, die ihm Secchi beilegt, es ist namentlich nicht richtig, daß beim Stoße unelastischer rotirender Atome die Bewegung, die auf der einen Seite verloren geht, auf der andern wieder gewonnen wird, soweit es sich um einen gegenseitigen Ersatz zwischen fortschreitender und Drehungsgeschwindigkeit handelt. Auch gegen die kugelförmige Ausbreitung der Bewegung rings um ein stoßendes Atom hat derselbe beachtenswerthe Bedenken erhoben; nach seiner eigenen Theorie ist der Aether in der Nähe der Körperatome nicht verdünnt, wie bei Secchi, sondern umgekehrt verdichtet.

Ehe wir aber zur Auseinandersetzung von Isenkrahe's eigener Theorie gehen, müssen wir noch kurz der Arbeiten Zöllner's auf diesem Gebiete gedenken.

Zunächst vertritt Zöllner die Ansicht, daß die Aeußerung Newton's in dem oben S. 49 mitgetheilten Schreiben an Bentley den Sinn habe, daß Newton die allgemeine Anziehung einem immateriellen Agens zuschreibt. Er behauptet, Newton habe mit den angegebenen Worten sagen wollen: „Es ist begreiflich, wie beseelter, lebendiger Stoff ohne irgend eine sonstige Vermittelung auf einen andern Körper wirken kann." 1) Diese vermeintliche Newton'sche Meinung stimmt nun mit Zöllner's eigener Ansicht überein, der zufolge die Grundeigenschaften der Materie wesentlich elektrischer Natur sind und sich durch Attraction und Repulsion der Atome äußern. Diese Attraction und Repulsion führt er aber zurück auf ein psychisches Princip, auf Lust- und Unlustempfindungen, bei welchen Betrachtungen er schließlich zu dem Axiome kommt, welches der Philosoph Schopenhauer aufgestellt hat, daß jede Kraft in der Natur als Wille zu denken ist.

Zöllner hat aber ferner auch gegen die von Newton gegebene mathematische Formel des Attractionsgesetzes Einwen-

---

1) Zöllner, Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie. Leipzig 1876. Einleitung.

dungen erhoben und möchte dieselbe ersetzen durch die von Wilhelm Weber für die Fernewirkung bewegter elektrischer Massen gegebene. Sind nämlich m und m_1 zwei Massen, die um die Größe r von einander entfernt sind, so findet man eine beliebige Componente der Anziehung, welche die eine Masse auf die andere ausübt, durch Differentiation eines mathematischen Ausdruckes, den man das Potential nennt. Dieses ist

$$\text{nach Newton } \frac{m \cdot m_1}{r},$$

$$\text{„ Weber } \frac{m \cdot m_1}{r}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right),$$

wo v die relative Geschwindigkeit der Massen in Richtung der Verbindungslinie, c aber eine Constante ist, für welche Weber aus elektrodynamischen Versuchen den Werth 439 450 Kilometer = 59 320 geographische Meilen ermittelt hat. Angesichts der hohen Ausbildung der Mechanik des Himmels und der Fülle genauer Beobachtungen, welche den Fleiß der Astronomen, insbesondere seit Bradley's Zeiten aufgespeichert hat, sollte man erwarten, daß die Astronomie das Mittel bieten müßte zur Entscheidung darüber, welche Form des Potentiales die richtige ist. Die Größe v ist aber im Allgemeinen bei den Körpern unseres Sonnensystems so klein im Verhältniß zu c, daß diese Entscheidung sehr schwer fällt. Nach Tisserand[1]) sind die Störungen, welche die Elemente der Planeten durch Annahme des Weber'schen Gesetzes erleiden, ganz unmerklich, bis auf eine säculare Vergrößerung der Länge des Perihels, die um so bedeutender wird, je näher der Planet der Sonne steht. Dieselbe beträgt bei Merkur 6″ 28 und bei der Venus 1″ 32. Scheibner hat nach Zöllner's Angabe 6″ 73 und 1″ 43 gefunden. Das sind aber Größen, die bei dem heutigen Zustande der Theorie und Beobachtungskunst nicht zur Entscheidung führen können; hat doch Leverrier auf Grund der Beobachtungen der Merkursdurchgänge der Sonne eine säculare Vergrößerung der Länge des Perihels dieses Planeten abgeleitet, welche 6 mal so groß ist als der von Tisserand gegebene Werth.

Wir verlassen damit die Zöllner'sche Theorie, welche durch Einführung eines immateriellen Principes der Bewegung ohnehin

1) Comptes rendus, LXXV (1872), p. 760.

eigentlich außerhalb des Rahmens dieser Skizze liegt, und wenden uns zu der Gravitationstheorie von Isenkrahe, dessen Schrift „Das Räthsel von der Schwerkraft" bereits erwähnt wurde. Wir widmen derselben, allerdings mit Uebergehung der mathematischen Entwickelungen, eine eingehendere Darstellung, weil uns scheint, als habe ihr Urheber nach kritischer Betrachtung der Leistungen seiner Vorgänger die von diesen gelieferten Bausteine in sorgfältigster Auswahl zum Aufbau seiner Theorie verwendet. Auch finden wir bei Isenkrahe scharf die Punkte bezeichnet, bis wohin die Theorie führt; was sie unerklärt läßt, wird nicht verschwiegen oder verschleiert. Kann man dieser Theorie auch nicht eigentliche Originalität beimessen, so darf man andererseits nicht anstehen, die Consequenz in der Entwickelung der Folgerungen, die sich aus der Grundansicht des Autors ergeben, anzuerkennen.

Zur allgemeinen Orientirung sei zunächst bemerkt, daß Isenkrahe vollständig Verzicht leistet auf Benutzung irgend eines transscendenten Agens. Er steht ferner auf dem Standpunkte der atomistischen Weltanschauung und verwirft die stetige Raumerfüllung mit Materie, welche den Hintergrund zu Thomson's Theorie der Wirbelringe bildet und welche Dellingshausen mit charakteristischer Schärfe an die Spitze seiner Theorie stellt. Ebenso findet die Elasticität der Atome keine Stelle in den Voraussetzungen, welche Isenkrahe seiner Theorie zu Grunde legt.

Die erste und wichtigste dieser Voraussetzungen ist nun die, daß der Aether ein Gas sei, oder daß seine Atome mit irgend welcher durchschnittlichen Geschwindigkeit nach allen denkbaren Richtungen den Raum durchfliegen. Als selbstverständlich wird den Atomen Beharrungsvermögen, nicht aber Elasticität zugeschrieben. Die Aetheratome sind ferner materielle Körperchen, sie haben nichts mit dem gemein, was man als geistig, übersinnlich, transcendent &c. bezeichnet; sie sind deshalb auch undurchdringlich in dem üblichen Sinne, daß nicht zwei zugleich in demselben Raume sein können.

Stoßen zwei solche Atome bei ihrer Bewegung auf einander, so kommen die aus der Theorie des Stoßes unelastischer Körper bekannten Gesetze zur Geltung. Nehmen wir den einfachen Fall, daß die beiden Atome, deren Massen m und m_1 sein mögen, sich auf einer und derselben Geraden bewegen,

und sind c und c_1 ihre Geschwindigkeiten vor dem Stoße, so setzen sie nach dem Stoße gemeinschaftlich ihren Weg fort mit der Geschwindigkeit

$$C = \frac{mc + m_1c_1}{m + m_1}.$$

Unser Autor untersucht dann weiter auf mathematischem Wege die Wirkung des Aethers auf ein ruhendes Molecül, d. h. auf ein kleines Massentheilchen. Er macht nämlich zwischen den Ausdrücken „Atom" und „Molecül" den Unterschied, daß er mit ersterem die in Bewegung begriffenen Theilchen des Aethers, mit letzterem aber die Theilchen der „groben Materie" bezeichnet, wobei er es unentschieden läßt, ob nicht etwa die letzten Bestandtheile dieser Materie auch mit den Aetheratomen identisch sind. Unter der Voraussetzung gleicher Massen aller Atome und gleicher Vertheilung der Geschwindigkeiten auf alle Richtungen ergiebt sich nun, daß die Wirkung aller auf ein Flächenelement auftreffenden Atome ebenso groß ist, als wenn blos $^2/_3$ der Atome, diese aber rechtwinklig auf das Element träfen. Die Gesammtwirkung dieser Stöße auf ein Molecül ist gleich Null, weil alle normalen Stoßeffekte, die das ganze Molecül erleidet, sich paarweise aufheben. Also muß das Molecül auch, wenn es in Ruhe war, in Ruhe bleiben.[1])

---

1) Der Verfasser macht hier einige interessante Bemerkungen, die indessen für den weiteren Aufbau seiner Gravitationslehre nicht in Betracht kommen.

Der Satz, daß das Molecül im Raume in Ruhe bleibt, fußt auf der Annahme, daß die entgegengesetzten Stöße gleichzeitig erfolgen. Da dies in der Regel nicht der Fall sein wird, so kann das Molecül auch nicht völlig in Ruhe bleiben, sondern wird um eine gewisse Gleichgewichtslage oscilliren. Die Amplitude dieser Oscillationen ist der Geschwindigkeit und Masse der Aetheratome direkt, der Anzahl derselben und der Masse des Molecüls indirekt proportional. Der Verfasser erinnert hierbei an die Brown'sche Corpuscularbewegung, d. i. eine zitternde, sogenannte „Wimmelbewegung", die man mit dem Mikroskop in ruhenden Flüssigkeiten, sowie auch in Gasen wahrnimmt, in welche kleine Körperchen eingestreut sind.

Da aber die Molecüle Conglomerate sind, so werden durch die alternirenden Stöße auch innere Bewegungen und oscillirende Formveränderungen in den Molecülen hervorgerufen werden. Auch wird, wenn etwa durch das schiefe Aufeinanderprallen zweier Molecüle eine

Gleichzeitig übt aber auch das Molecül, das dem Anprall der Aetheratome Stand zu halten hat, einen Einfluß auf den Aether aus, und zwar ist dieser ein dreifacher. Erstens wird nämlich die Geschwindigkeit einer gewissen Anzahl Atome durch den Stoß vermindert und dadurch der Druck des Aethers, d. h. der Gesammteffekt der rasch auf einander folgenden Stöße, vermindert in der Richtung nach dem Molecül hin. Diese Verminderung steht im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernung von dem Molecül. Zweitens wird der Aether in der Umgebung des Molecüles verdichtet, und drittens ist das Molecül vermöge seiner Form im Stande, nach gewissen Richtungen des Raumes mehr, nach andern weniger Atome hinzulenken, ein Umstand, der vielleicht manche Repulsions- und Attractionsphänomene zu erklären geeignet ist.

Demnächst kommt der Einfluß des Aethers auf ein Molecül, das eine translatorische Bewegung hat, also der Widerstand, den das Medium der Bewegung entgegensetzt, zur Sprache. Dieser Widerstand rührt einmal daher, daß die Atome gegen die Vorderfläche des bewegten Molecüles mit einer größeren relativen Geschwindigkeit (mit größerer Kraft) anprallen, als gegen die Rückseite; dann aber kommt noch weiter in Betracht, daß die Anzahl der anprallenden Atome auf der Vorderseite auch größer ist als auf der Rückseite. Der Widerstand ergiebt sich direct proportional dem Querschnitt und der Geschwindigkeit des Molecüles, der Atommasse und der Anzahl der Atome, die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt = 1 gehen.

Denkt man sich nun in dem Aether zwei ruhende Molecüle, so wird jetzt kein Gleichgewicht mehr stattfinden, wie es bei einem einzigen Molecül der Fall wäre. Denn wir haben ja gesehen, daß durch Anwesenheit eines Molecüles der Druck des Aethers in der Richtung nach diesem hin vermindert wird. Es werden daher die Atome, die aus der Richtung vom Molecül b her auf das Molecül a treffen, eine geringere Durch-

Deformation eingetreten ist, die ursprüngliche Form durch den Anprall der von allen Seiten mit großer Geschwindigkeit einstürmenden Atome rasch wieder hergestellt werden. Hierin darf man eine Art von Elasticität erblicken, die indessen nur als Phänomen, nicht als Kraft im gewöhnlichen Wortsinne aufzufassen ist.

schnittsgeschwindigkeit haben als die andern, und wir können uns den dadurch entstehenden Ausfall als eine Kraft denken, welche beide Molecüle zu nähern strebt. So lange wir uns nur mit Gravitationswirkungen befassen, dürfen wir annehmen, daß die Radien der Molecüle verschwindend klein sind gegen die Entfernung der letzteren, daß also die Entfernung E ihrer Mittelpunkte identisch ist mit dem Abstande ihrer Oberflächen. Indem Isenkrahe den Werth der erwähnten Pseudo-Anziehungskraft auf einen analytischen Ausdruck bringt, zeigt es sich, daß in letzterem der Divisor E^2 auftritt, daß also die Anziehung in der That dem Quadrat der Entfernung umgekehrt proportional ist. Doch gilt dies nur für Wirkungen in größerer Ferne; wenn der Abstand der Molecüle nicht mehr unendlich groß ist im Vergleich zu deren Radien, so wird der Divisor E^2 zu groß, und die Formel giebt einen zu kleinen Werth. „Man könnte sich versucht fühlen, diesen Umstand mit der bekannten Erscheinung in Verbindung zu bringen, daß die sogenannte Massenanziehung ganz unverhältnißmäßig wächst, wenn die Entfernung der Molecüle eine geringe ist, und wenn wir in Folge dessen die Namen Adhäsion, Cohäsion oder Affinität in die Naturerklärung einzuführten pflegen."

Die Untersuchung ist damit an dem Punkte angelangt, „wo der für die ganze vorliegende Betrachtung wichtigste und schwierigste Schritt geschehen muß, wo nämlich aus der Anziehung der Molecüle diejenige der Massen entwickelt werden soll, die aus den betrachteten Molecülen aufgebaut sind." Unser Verfasser betrachtet nun zuerst zwei Scheiben, die nur aus einer Atomschicht gebildet sind und senkrecht auf ihrer Verbindungslinie stehen. Hier wird die Wirkung keines Molecüles durch die eines anderen gestört, und es zeigt sich, daß die gravitirende Wirkung im zusammengesetzten Verhältnisse ihres Volumens und ihrer Dichte steht.

„Wer es nun für erlaubt hält, die Masse eines Körpers als eine Größe zu betrachten, welche sich nur nach seinem Volumen und seiner Dichtigkeit richtet, der wird uns gestatten müssen, aus der obigen Formel den Satz herauszulesen, daß der Gravitationseffect eines Körpers proportional seiner Masse, und daß die durch Aetherstöße hervorgerufene Pseudo-Anziehung

zweier Körper proportional dem Producte ihrer Massen sei.“ Indessen ist der Begriff der Masse in der Physik noch nicht gehörig klar und übereinstimmend festgestellt. Die gewöhnliche Definition derselben, als „die Quantität der in einem Körper enthaltenen Materie“ sagt, wie Wüllner hervorhebt, zuviel, „denn wir sind mit dem Wesen der Materie viel zu unbekannt, als daß wir sie messen könnten. Streng genommen darf man nur Kupfer mit Kupfer, Blei mit Blei vergleichen und keine Beziehung aufstellen zwischen der Materie des Kupfers und der des Bleies.“ Wenn indessen Wüllner, für die Praxis vollkommen genügend, sagt, daß zwei Körper gleiche oder ungleiche Massen haben, je nachdem sie einer Kraft gleichen oder verschiedenen Widerstand entgegensetzen, so ist damit für die vorliegende Untersuchung wenig gewonnen, denn nunmehr lautet die Frage einfach: wonach richtet sich dieser Widerstand?

Die einfachste Lösung der mancherlei Schwierigkeiten, die sich in dieser Hinsicht der Deutung der gewonnenen Formel entgegenstellen, glaubt der Verfasser in der Annahme einer alten, auf ganz anderem Gebiete entsprossenen und vielfach gestützten Meinung zu finden, nämlich in der Annahme, daß die letzten Bestandtheile der Materie gleich groß, daß es vielleicht die Aetheratome selber seien, und daß die sogenannten chemischen Elemente mit ihren verschiedenen Aequivalentgewichten nur als verschieden constituirte, aber aus einem und demselben Grundstoffe aufgebaute Gruppen betrachtet werden müssen.

Bis hierher hat unser Autor das Newton'sche Gravitationsgesetz nachgewiesen für zwei einfache, aus je einer Molecülschicht bestehende parallele Scheiben A und B. Um dasselbe nun für zwei beliebige Körper ableiten zu können, denkt er sich zunächst vor A noch eine ebensolche Schicht A_1 gestellt, in solchem Abstande, daß man die Entfernungen AB und A_1B als gleich betrachten kann. Dürfte man nun die Wirkung zwischen A und B der zwischen A_1 und B gleichsetzen, so würde durch Hinzufügung der zweiten Schicht, also mit Verdoppelung der Masse, auch die Wirkung sich doppelt so groß ergeben, was mit dem Newton'schen Gesetz im Einklange wäre. Das letztere wäre dann für jeden beliebigen Körper leicht zu beweisen. Dies ist auch der Grund, weshalb verschiedene Autoren, welche früher in den Aetherbewegungen den eigentlichen Grund der Gravi=

tation suchten, annahmen, daß alle Körper für den Aether vollkommen durchlässig seien, oder daß doch ungeheuer viel mehr Atome zwischen den Körpermolecülen hindurchgehen, als gegen dieselben anprallen; es ist der Grund, der Lesage zur Annahme seiner Käfigatome veranlaßte. Da aber die eine Schicht die andere gegen den Anprall der Aetheratome theilweise deckt, und da in der Formel für die Anziehung einer Schicht die Zahl der Atome, die in der Zeiteinheit durch die Flächeneinheit geht, als Factor vorkommt, so wird in der Wirkung der zweiten Schicht dieser Factor in einem gewissen, von der Einheit nur äußerst wenig abweichenden Verhältnisse verkleinert auftreten; in der Wirkung der dritten Schicht erfolgt abermals eine Verminderung in demselben Verhältnisse ꝛc. Die gravitirenden Wirkungen der hinter einander liegenden Schichten verhalten sich daher wie $1 : \varepsilon : \varepsilon^2 : \varepsilon^3$ ꝛc., wobei ε nur unendlich wenig von der Einheit verschieden ist. Unser Autor giebt sich nun außerordentliche Mühe, über diesen Factor etwas Näheres festzustellen. Zwar haben Cauchy, Loschmidt, Thomson u. A. über das Volumen der Körpermolecüle und über ihren gegenseitigen Abstand Untersuchungen angestellt, aber die Ergebnisse sind doch noch zu unsicher, als daß sie sich für den angegebenen Zweck verwerthen ließen. Wohl aber sprechen zahlreiche Erscheinungen dafür, daß der Abstand der Körpermolecüle ein verhältnißmäßig sehr großer ist. Palladium vermag das 900fache seines Volumens Wasserstoff zu absorbiren, Gase gehen durch dicke (glühende) Metallplatten hindurch. „Wie wäre dies Alles möglich" fragt unser Autor, „wenn nicht zwischen den Molecülen der festen Körper verhältnißmäßig große Zwischenräume vorhanden wären, durch welche den Gasmolecülen der Eingang und Durchgang offen steht. Wenn das nun schon für Gasmolecüle, also für verhältnißmäßig große und complicirte Conglomerate möglich ist, so dürfen wir gewiß mit vollem Rechte annehmen, daß die Atome des Aethers mit noch viel größerer Leichtigkeit durch die Körper hindurch freie Wege finden können." Auch die moderne Wärmetheorie, welche die Wärme der Körper auf Bewegung ihrer kleinsten Theilchen zurückführt, muß solche Zwischenräume zwischen den Körpermolecülen voraussetzen, conform mit dem Ausspruche Huygens': „Den leeren Raum lasse ich willig zu, und

ohne denselben scheinen die kleinen Körpertheilchen sich nicht unter einander bewegen zu können."

Dessen ungeachtet bleibt aber doch eine große Schwierigkeit bestehen. Denn wenn man sich die Körpermolecüle als ganz durchlässig für die Aetheratome denkt, so wird ja die ganze Erklärung der Pseudo-Attraction hinfällig, da dieselbe sich wesentlich auf den Stoß der Atome gegen die Molecüle stützt. Ist aber der oben erwähnte Coëfficient ε von der Einheit verschieden, so kann es nicht ausbleiben, daß eine sehr tief unter der Oberfläche eines Körpers gelegene Molecularschicht eine geringere attractive Kraft ausüben muß, als die höher gelegenen, daß also große compakte Massen leichter sein würden, wenn man sie zerstückelte und die kleinen Theile einzeln wöge. Im Interesse der Theorie liegt es hiernach, den Coëfficienten ε der Einheit so nahe als möglich zu bringen, und unser Autor versucht dies zunächst durch den Hinweis darauf, daß ein Theil der Atome, die gegen die erste Molecülschicht geprallt sind, von derselben so zurückgeworfen werden, daß sie die nächste Schicht noch treffen und hier zur Wirkung kommen. Auch werden außerdem eine Anzahl Atome von verschiedenen Molecülen derselben Schicht reflectirt werden, an welche sie nach einander anprallen, was neue Geschwindigkeitsverluste und damit gravitirende Wirkungen zur Folge hat. Es erscheint hiernach nicht gerade gänzlich unmöglich, daß die gravitirenden Wirkungen der auf einander folgenden Schichten gleich groß sind, „und es ist streng genommen nicht mehr möglich zu behaupten, mit dem Resultat unserer Rechnung stände die Thatsache im Widerspruch, daß die inneren Schichten eines Körpers gerade so schwer wiegen als die entsprechenden äußeren Schichten desselben. Wenn es nun andererseits auch ebenso unmöglich ist, die volle Uebereinstimmung zwischen unserer Theorie und der experimentellen Erfahrung in dieser Hinsicht zu constatiren, so liegt doch eine bedeutende Annäherung an dieses Ziel augenscheinlich vor."

Damit ist aber die Betrachtung an einen Punkt gelangt, wo zwischen Theorie und Experiment eine vollständige Uebereinstimmung nicht statuirt werden kann, weil erstere noch ein ungelöstes Problem enthält. Doch auch die experimentelle Untersuchung der Gravitation läßt noch vieles zu wünschen übrig. Die vorgetragene Theorie zeigt, daß die gravitirenden Wir-

kungen in engem Zusammenhange stehen müssen mit den Abständen der Körpermolecüle. Aendern sich diese durch Temperaturwechsel, so muß sich auch die Schwere ändern. Bis jetzt sind aber keine Experimente bekannt, welche diesen Einfluß, namentlich für größere Temperaturdifferenzen, prüfen; die Experimente sind aber auch eigentlich nie auf diesen Punkt gerichtet gewesen.

Eine Bemerkung von Secchi veranlaßt unseren Verfasser zu prüfen, ob die bezüglich der Planeten festgestellten Daten etwa einen Aufschluß über die Richtigkeit seiner Theorie zu geben vermögen. Wir kennen ihre Volumina, und aus ihren Attractionswirkungen sind ihre Massen berechnet worden, wobei erstere den letzteren proportional gesetzt wurden. Nach der Theorie werden aber die im Innern liegenden Massen höchst wahrscheinlich eine schwächere Attraction ausüben, als die äußeren, und auf die bei den Astronomen übliche Weise muß man daher eine zu geringe Masse und mithin eine zu geringe mittlere Dichte der Planeten finden. Dieser Fehler muß um so größer ausfallen, je größer der Planet ist. Nach der von Wilson, Kant und Laplace aufgestellten Theorie über die Entstehung unseres Planetensystemes dürfen wir nun annehmen, daß die Dichte der sonnenfernen Planeten geringer ist, als die der sonnennahen. Im Allgemeinen ist dies auch der Fall, aber die Zunahme der mittleren specifischen Gewichte vom Neptun zum Merkur zeigt doch recht bedeutende Unterbrechungen. So hat, das spec. Gewicht der Erde = 1 gesetzt, Uranus 0,209, Saturn aber blos 0,121, was man durch sein bei weitem größeres Volumen (Uranus 75, Saturn 865 mal so groß als Erde) erklären könnte. Der noch um einhalbmal größere Jupiter (1390 mal so groß als Erde) hat freilich wieder das spec. Gewicht 0,236, und es bleibt uns überlassen, dies auf Rechnung seines geringeren Abstandes von der Sonne zu setzen (Saturn 190, Jupiter 104 Mill. Meilen). Im Widerspruch zu dieser Theorie steht freilich das Volumen und spec. Gewicht der Venus (0,868 und 0,903), bei welcher die größere Sonnennähe und das geringere Volumen im Vergleich zur Erde ein größeres spec. Gewicht erwarten ließen. Daß Merkur 1,376 spec. Gewicht in 7,7 Mill. Meile Abstand und bei einem Volumen = 0,054 besitzt, würde sich eher mit der Theorie vereinigen lassen. Das geringe spec.

Gewicht der Sonne (0,258) bei ihrem enormen Volumen (1 279 267 mal dem der Erde) scheint dagegen entschieden für die Theorie zu sprechen.

Von großem Interesse sind ferner die Bemerkungen, welche Isenkrahe über die Gravitationswirkungen bewegter Massen macht. Nach der vorgetragenen Theorie kann die Bewegung nicht ohne Einfluß auf die Gravitation sein, wie Newton dies annimmt; es ist daher wahrscheinlich, daß das Potential der Anziehung nicht die Newton'sche Form hat, die vielmehr als bloße Annäherung zu betrachten, und daß die wahre Form die von Weber angegebene (vgl. S. 85) oder eine ähnliche ist. Möglicherweise ist die Weber'sche Constante von 439 450 Kilometern nichts weiter als die Geschwindigkeit der Aetheratome. Wenn dies der Fall wäre, so hätte man einen merkwürdigen Zusammenhang zwischen der Schwerkraft einerseits, dem Licht und der Elektricität andererseits nachgewiesen. Denn jene Constante steht zur Lichtgeschwindigkeit (300 000 Kilometer) ungefähr in dem Verhältniß 3 : 2, in welchem die mittlere Geschwindigkeit der Gasmolekeln zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles steht, welches Verhältniß noch vor Kurzem von Hoorweg zu 1,504 bestimmt worden ist (s. dieses Jahrb. XIV, S. 137). Wenn man nun, wie schon Schramm dies gethan, dieselbe Relation für den Aether annimmt, so gelangt man zu einem der Weber'schen Constanten sich nähernden Werthe für die Geschwindigkeit der Aetheratome. Eine innige Beziehung zwischen Licht, Elektricität und Magnetismus haben aber schon Riemann (1858) und L. Lorenz (in Kopenhagen, 1867) erkannt. Riemann hat gefunden, „daß die elektrodynamischen Wirkungen galvanischer Ströme sich erklären lassen, wenn man annimmt, daß die Wirkung einer elektrischen Masse auf die übrigen nicht momentan geschieht, sondern sich mit einer constanten (der Lichtgeschwindigkeit innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler gleichen) Geschwindigkeit zu ihnen fortpflanzt."

Dieser Umstand verdient auch bei der Schwere Beachtung: Wenn die Gravitation keines Mediums bedarf, so bedarf sie auch keiner Zeit; ist aber die Aetherstoß-Theorie richtig, so wird es einer gewissen Zeit bedürfen, ehe ein Körper A auf einen entfernten Körper B eine Wirkung äußert, und ebenso muß auch die Geschwindigkeit, mit der ein bewegter Körper

seinen Ort ändert, einen Einfluß auf diejenige Zeit ausüben, welche für die Geltendmachung seines Einflusses auf einen andern erforderlich ist. Darin dürfte nun, wie Isenkrahe hervorhebt, ein Prüfstein für die Stichhaltigkeit der Aetherteorie liegen. Zwar ist es nicht möglich, einen Körper aus dem Nichts entstehen zu lassen und die Zeit zu beobachten, die er braucht, um eine Anziehung auf einen andern Körper auszuüben; aber die veränderliche Stellung der Himmelskörper bietet uns vielleicht ein Mittel, diese Zeit wahrzunehmen, wenn sie nicht allzu geringfügig ist. Auf einen Körper an der Oberfläche der Erde wirkt außer der Erde auch die Sonne anziehend, und da diese sich zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Höhen über und unter dem Horizonte befindet, so bilden die beiden anziehenden Kräfte im Laufe eines Tages verschiedene Winkel mit einander. Daher wird auch Größe und Richtung der Resultante sich im Laufe eines Tages ändern, die erstere wird mittags am kleinsten, um Mitternacht aber am größten sein. Wenn die Sonne gerade im Zenith kulminirt, so werden mittags beide Kräfte in genau entgegengesetzter, um Mitternacht aber in derselben Richtung wirken; im ersten Falle wird daher die Anziehung der Erde um 1/1665 ihres Werthes — nämlich um die Anziehung der Sonne — verkleinert, im zweiten Falle um ebensoviel vergrößert. Diese periodischen Veränderungen der Schwerkraft müssen nun auch an sehr empfindlichen Pendeln und Libellen erkennbar sein. Dies hat schon Gruithuisen erkannt, und einer seiner Schüler, Hengler, hat um 1830 einen einfachen Apparat erdacht[1]), der zum Nachweis so geringer Kraftänderungen brauchbar ist. Den gleichen Apparat haben später Perrot (1862)[2]) und Zöllner (1869) in Vorschlag gebracht.[3]) Das Horizontalpendel, welches der letztere construirte, besteht aus einer 210 Millimeter langen, dünnen Glasstange, an deren einem Ende ein 170 Millimeter langer, feiner Stahldraht angebracht ist. Das andere Ende des letzteren ist an einem 20 Millimeter langen Vorsprunge am Fuße eines verticalen Messinggestelles befestigt. Ein gleich

1) Dingler's Polytechn. Journ. Bd. 43, S. 81.
2) Comptes rendus LIV, p. 728.
3) Berichte über die Verh. der sächs. Ges. der Wissensch. Math.-phys. Classe. Bd. 21, S. 281.

langer zweiter Stahldraht ist im Abstande von 10 Millimeter vom Angriffspunkte des ersten an der Glasstange befestigt und hat seinen Aufhängepunkt an einem am obern Ende des Stativs befindlichen Vorsprunge, nahezu in der durch den untern Befestigungspunkt gehenden Verticalen. Würde dies genau der Fall sein, so wäre das Directionsmoment des Horizontalpendels der Null gleich, abgesehen von dem Torsionsmoment der Drähte. Mit Berücksichtigung des letztern müssen die beiden Befestigungspunkte in einer gegen die Verticale etwas geneigten Ebene liegen; durch Stellschrauben läßt sich das Directionsmoment gehörig reguliren.

Zöllner hat auch bereits den Vorschlag gemacht[1]), ein in der Ebene des Meridianes aufgestelltes Horizontalpendel zur Entscheidung der Frage, ob die Gravitation Zeit gebraucht, zu verwenden. Ein solches müßte, „wenn es sich nur unter dem Einfluß der Sonne bewegte, im Laufe von 24 Stunden viermal seine Gleichgewichtslage passiren, nämlich beim Auf- und Untergang und bei ihrer obern und untern Passage durch den Meridian. Da diese Bewegungen des Pendels keine Summationswirkungen, wie diejenigen des Meeres bei der Ebbe und Fluth sind, sondern direct durch attractive Fernewirkungen erzeugt werden, so müssen sie auch gleichzeitig mit der entsprechenden wahren Position der Sonne stattfinden. Braucht dagegen die Schwerkraft, wie das Licht, etwa acht Minuten Zeit, um von der Sonne bis zur Erde zu gelangen, so würden die obigen Gleichgewichtslagen des Pendels auch um diese Zeit verspätet stattfinden müssen. Gelingt es daher, die Zeit seiner Gleichgewichtslagen auch nur bis auf eine Minute genau zu bestimmen, so würde die Frage, ob die Schwerkraft zur Fortpflanzung Zeit gebrauche, noch bei einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit entschieden werden können, welche achtmal größer als die des Lichtes ist.“

Es scheint nicht, als wenn derartige Versuche bis jetzt mit durchschlagendem Erfolg angestellt worden wären.

Unter denjenigen, die sich mit der Erforschung der Ursache der Schwere beschäftigt haben, müssen wir auch Aurel Anderssohn in Breslau erwähnen, der schon seit dem Anfange der

---

1) Poggend. Ann. Bd. 150, S. 139.

siebziger Jahre seine Ansichten „über Sitz und Wesen der Schwerkraft“ vielfach veröffentlicht, auch wiederholt der Versammlung deutscher Naturforscher vorgelegt und in neuester Zeit wieder in einer besonderen Schrift unter dem Titel „die Theorie vom Massendruck aus der Ferne“ (Breslau 1880) auseinander gesetzt hat. Wie dieser Titel zeigt, denkt sich Anderssohn die Schwere als Wirkung eines Druckes; wenn man gewisse Erscheinungen auf die Anziehung von Massen zurückführt, so ist dies eine irrige Auslegung, sie lassen sich ungezwungener und einfacher aus einer „universellen Druckwirkung“ erklären. Im Bezug auf diesen Druck stellt er das folgende Gesetz auf:

„Die Einheit der Kraft ist die allen Sonnen im Weltall gemeinsame Eigenschaft der Ausübung von mechanischem Druck in die Ferne, d. h. der Ausstrahlung materieller Bewegung; Fliehkraft oder Centrifugalkraft genannt, wenn ausgehend von einer Einzelsonne, dagegen allgemeine Schwere oder Centripetalkraft, wenn gemeinsam drückend von allen Sonnen auf eine einzelne Himmelskugel.“

Als Träger dieser Druckstrahlung in die Ferne denkt sich Anderssohn den Aether. Derselbe ist überall vorhanden, er durchdringt auch unsere dichtesten Stoffe; er ist im gewöhnlichen Sinne imponderabel, „da wir, so zu sagen, alle Experimente nur vollständig eingetaucht in denselben veranstalten können.

Daß unter dem Einflusse centrifugaler und centripetaler Druckkräfte wirklich Centralbewegung erfolgen kann, sucht Anderssohn durch ein einfaches Experiment darzuthun: Auf dem Wasserspiegel in einem kreisförmigen Bassin schwimmt eine Kugel, während Wasserstrahlen, vom Centrum nach dem Rande und umgekehrt vom Rande aus nahezu nach dem Centrum gerichtet, auf sie wirken; sobald die durch die Wasserstrahlen getragenen Kräfte in Wirksamkeit treten, „beginnt die auf der Oberfläche des Wassers schwimmende Kugel sich zu bewegen, begiebt sich in den dem Verhältniß der Intensitäten beider Kräfte entsprechenden Abstand und tritt eine Centralbewegung auf der Ebene des Wasserspiegels an.“

Das Fortschreiten dieser Druckkraft im Weltraume denkt sich Anderssohn wellenförmig; die Uebertragung auf widerstehende Mittel geschieht eigentlich stoßweise, jedoch ist, da die

Einzelstöße außerordentlich rasch auf einander folgen, die Benennung „Druck“ ganz gerechtfertigt. „Dieser Druck kann als Fernewirkung zweier Massen auf einander bezeichnet werden, aber in dem einzig physikalisch haltbaren Sinne der Uebermittelung der unveränderten Kraft von dem einen Theil, der verausgabt, auf den andern, der Zuwachs erhält.“

Wie die Weltkörper dazu kommen, solche Druckwellen auszustrahlen, wird nicht näher erklärt; der Verfasser begnügt sich mit dem experimentellen Nachweis, daß unter der Einwirkung centrifugaler und centripetaler Kräfte eine Centralbewegung zustande kommt. Uns will es scheinen, als sei durch die Theorie Anderssohn's die für uns unbegreifliche unvermittelte Fernewirkung nur ersetzt worden durch eine andere unbegreifliche primitive Kraft. Diese Kraft ist freilich keine Anziehungskraft, sondern eine Druckkraft: die Planeten werden nicht von der Sonne angezogen, sondern durch den Druck der übrigen Weltkörper gegen dieselbe hin geschoben, und überhaupt ist die Ursache zu jeder Kraftäußerung im Universum der mechanische Druck durch Unterschiede von Größe und Richtung.

Eine jüngst erschienene Schrift von Theodor Wiesemann: „Ursachen der Haupt-Naturerscheinungen wie Schwere, Härte, Elasticität, Licht, Farben, Wärme, Elektricität, chemische Verbindungen ꝛc. aus einem einzigen Fundamental-Princip logisch-mathematisch entwickelt“ (Brüssel 1879) mag hier nur kurz erwähnt werden. Ein weiteres Eingehen auf dieselbe scheint deshalb nicht nöthig, weil der Verfasser von den Vorgängen in der Natur gar zu sonderbare Vorstellungen hat; glaubt er doch allen Ernstes, daß bei der Condensation des Wasserdampfes durch Druck eine sehr feine Materie, die etwa 1243mal leichter als atmosphärische Luft, durch die Wände des Gefäßes, in welchem die Compression erfolgt, hindurch filtrire und so schließlich das Wasser allein übrig bleibe! (S. 8).

In dieser Zusammenstellung sind noch keineswegs alle Versuche, das Räthsel der Schwerkraft zu lösen, namhaft gemacht worden; sogar bekanntere Forscher, die sich gelegentlich mit diesem Problem beschäftigt haben, wie Mohr und Croll, sind übergangen worden. Man sieht, daß die Thätigkeit auf diesem Gebiete eine sehr rege ist; aber leider sind nur selten die aufgestellten Hypothesen mit solcher Schärfe in ihre Con-

sequenzen verfolgt worden, daß man an Punkte gelangt ist, die eine experimentelle Prüfung möglich erscheinen lassen, und diese Prüfungen fehlen noch. Daher sind zur Zeit alle diese Untersuchungen noch weit entfernt von einem endgültigen Abschlusse.

Energie und Kraft.

Der im Frühjahre vorigen Jahres verstorbene hochbegabte englische Mathematiker Clifford (s. den Nekrolog) hat am 28. März 1873 in der Londoner Royal Institution einen Vortrag über die oben genannten Grundbegriffe der Physik gehalten, der durch irgend einen Zufall ungedruckt geblieben und auch bei der Sammlung des literarischen Nachlasses des Verstorbenen im Sommer vorigen Jahres nicht bemerkt worden war. Erst im Frühjahr dieses Jahres stieß F. Pollock auf eigene Notizen, die er sich seinerzeit von diesem Vortrage gemacht, und die er nun, mit den nöthigen Ergänzungen und einigen einleitenden Bemerkungen von J. F. Moulton, einem Freunde und wissenschaftlichen Vertrauten Clifford's der Oeffentlichkeit übergeben hat. Da die Umstände, welche nach Moulton's Meinung den Vortrag veranlaßt haben, auch in Deutschland stattfinden, so wird eine Wiedergabe der Hauptgedanken der Moulton'schen Bemerkungen und des Clifford'schen Vortrages selbst nicht unpassend erscheinen.

Nach Moulton's Ansicht wollte Clifford durch diesen Vortrag Einspruch erheben gegen gewisse oberflächliche Vorstellungen, die bezüglich der Begriffe Energie, Bewegung und Kraft gäng und gäbe geworden. Die Entdeckung der Aequivalenz der verschiedenen Formen der Energie und der Unveränderlichkeit des Gesammtbetrags der Energie in einem Systeme, auf das keine äußeren Kräfte wirken (wie es beim Universum der Fall ist), hat vielfach dazu verleitet, der Kraft ein selbstständiges Sein zuzuschreiben, ebenso wie der Materie. In der That entspricht es ganz der gewöhnlichen Vorstellungsweise, sich die Kraft als ein Etwas zu denken, das von außen auf einen Körper wirkt und an demselben eine Wirkung in Form einer Aenderung der Bewegung hervorbringt. Der weitere Schritt, der Kraft eine ebenso absolute Unzerstörbarkeit zuzu=

1) Nature XXII, p. 122.

schreiben wie der Materie, wird durch eine tadelnswerthe Vermengung der Ausdrücke veranlaßt, deren sich die Mathematiker bezüglich dieser Objecte bedienen. Bevor die Erhaltung der Energie vollständig formulirt war, waren die Mathematiker mit einem speciellen Falle des allgemeinen Princips bekannt geworden, der den Namen der Erhaltung der Kraft empfing. Diese unglückliche Benennung mit all ihren irreführenden Tendenzen wurde öfters für das allgemeine Princip angewandt, als dasselbe zuerst bekannt wurde, und daher sind unwissenschaftliche Schriftsteller natürlicherweise zu der Annahme verleitet, Kraft und Energie seien Ausdrücke, die man gegenseitig vertauschen kann, und beide seien in gleicher Weise unzerstörbar. Diese irrigen Annahmen hatten Clifford's Aufmerksamkeit erregt und mit seinem gewöhnlichen Eifer für strenge Correctheit wissenschaftlicher Ideen, nahm er sich vor sie zu berichtigen. Die Art und Weise, wie er dies thut, ist sehr charakteristisch: Er geht geradenwegs auf den Grund der Sache los und möchte, daß wir den Gedanken an eine Kraft als etwas selbstständig Bestehendes gänzlich aufgäben. Er geht soweit, uns geradezu zu warnen vor der Duldung der Vorstellung einer Ursache als verschieden von ihren Wirkungen.

Alles, sagt Clifford, was wir in Bezug auf Kraft und Bewegung wissen, ist dies, daß eine gewisse Gruppirung der umgebenden Körper eine gewisse Aenderung in der Bewegung eines Körpers hervorbringt. Nun ist es üblich zu sagen, diese Gruppirung der umgebenden Körper erzeuge eine gewisse Kraft, und diese Kraft sei es, welche die Aenderung der Bewegung hervorbringt. Wozu aber überhaupt dieses Zwischenglied? Warum gehen wir nicht auf einmal von den Umständen der Umgebung zu der aus ihnen folgenden Bewegungsänderung? Wenn wir uns nur gewöhnen, direct von dem einen auf das andere überzugehen ohne Vermittelung des dazwischen geschobenen Begriffs der Kraft, so wird dieser aufhören nöthig zu sein und gleich andern nutzlosen Begriffen allmählich der Vergessenheit anheimfallen, und damit wird auch die Tendenz schwinden, diesem Phantom so reale und materielle Eigenschaften beizulegen, wie die Unzerstörbarkeit eine ist.

Nach diesen orientirenden Bemerkungen Moulton's wenden wir uns zur Darstellung Clifford's selbst.

Kein Mathematiker, beginnt er seine Auseinandersetzung, kann dem, was die üblichen Lehrbücher der Mechanik über Materie, Kraft, Trägheit angeben, einen Sinn beilegen.

Die alte Definition der Kraft enthält das Wort Ursache. Dieses ist bei älteren Schriftstellern eine bloße Redensart; so erklärt Maclaurin Geschwindigkeit als Ursache der Ortsveränderung eines Körpers, während wir sie jetzt als Maß dieser Veränderung definiren.

Causalität wird von manchen modernen Philosophen als bedingungslose Gleichförmigkeit in der Zeitfolge (Succession) definirt; so folgt z. B. die Existenz eines Feuers daraus, daß man ein brennendes Licht an den Brennstoff hält.

Von dieser Vorstellung muß man sich frei machen, um den Begriff der Kraft zu verstehen. Alle allgemein wahren Naturgesetze sind Gesetze der Coëxistenz, nicht der Succession. Wenn ich z. B. ein Ding bewegen will, so gebe ich ihm einen Stoß, und Bewegung tritt ein. Dies erregt auf den ersten Blick die Vorstellung, als seien Ursache und Wirkung in der Zeitfolge mit einander verknüpft. In Wahrheit aber ändert man das Maß der Bewegung eines Dinges in dem Augenblicke, in welchem man es stößt, nicht nachher. Läßt man einen Gegenstand aus der Hand fallen, so sind das Loslassen und das Herabfallen wirklich gleichzeitig. Wiederum ist die Bewegungsänderung eines irdischen Körpers in jedem Augenblicke abhängig von seiner Entfernung vom Erdmittelpunkte, obgleich man für kurze Entfernungen darauf in der Praxis keine Rücksicht nimmt. In jedem Falle wird das wirkende Gesetz als ein Gesetz der Coëxistenz, nicht der Succession erkannt.

Moment kann man im Allgemeinen als Bewegungsmenge erklären. Ein Körper, der sich mit einer gewissen Schnelligkeit, beispielsweise 20 Meilen in der Stunde, bewegt, hat eine gewisse Bewegungsmenge. Geht derselbe Körper 40 Meilen stündlich, so ist doppelt soviel Bewegung vorhanden; und wenn zweimal soviel Masse 20 Meilen weit in der Stunde geht, so ist ebenfalls doppelt soviel Bewegung vorhanden. Das Moment wird daher gemessen durch die Quantität der Materie, welche sich nach einem gewissen Maße bewegt (Moment = Masse × Geschwindigkeit).

Wie messen wir aber die Quantität der Masse, wenn wir

Körper von verschiedener Substanz, wie Holz und Blei, vergleichen? Nicht nach der Größe, sondern es giebt dazu eine andere Scala, und die Existenz einer solchen wird im Begriff der Masse vorausgesetzt. Die einfachste Anwendung dieser Scala besteht in der Praxis darin, daß man beide Körper an demselben Orte wägt.

Der Begriff der Kraft kann klar gemacht werden ohne Annahme eines Naturgesetzes bezüglich des Moments. Denn denken wir uns im ganzen Universum einen einzigen Körper mit einem gewissen Moment, so wird derselbe sich mit diesem Moment fortbewegen. Wenn irgend eine Aenderung eintritt, so ist noch ein anderer Körper vorhanden und die Veränderung rührt von der Lage dieses Körpers her. Der Fall, daß die Körper sich berühren, bildet keine Ausnahme, sondern ist nur ein besonderer Fall; die Veränderungen der Bewegung heißt hier Druck. Zur Erläuterung des Falles, daß die Körper sich nicht berühren, kann die Bewegung der Erde um die Sonne dienen, die, wie wir sagen, unterm Einfluß der Gravitation von statten geht.

In allen Fällen sehen wir also Aenderung der Bewegung nach unwandelbaren Gesetzen verknüpft mit der Lage der Körper in der Umgebung. Die Kraft hat jederzeit in jedem Punkte eine bestimmte Richtung und ist abhängig von der Lage der benachbarten Körper; man kann sie daher erklären als die Veränderung des Moments eines Körpers, abhängig gedacht von der Lage der benachbarten Dinge. Sie begreift in sich die Eigenschaften der Richtung und der Größe, sie ist eine Quantität, welche Richtung besitzt.

Kraft in dem angegebenen Sinne wird nicht erhalten, sie kann auftreten und verschwinden, sie wird beständig erzeugt und vernichtet. „Erhaltung der Kraft" erscheint als ein Widerspruch.

Anders verhält es sich mit der Energie, von der es zwei Arten giebt, nämlich Energie der Bewegung und Energie der Lage.

In einem in Bewegung begriffenen Körper haben wir eine gewisse Quantität von Bewegung oder ein Moment, das mit dem Körper bewegt wird, und die Energie der Bewegung ist das Maß, nach welchem das Moment sich bewegt. Aus praktischen Gründen ist es zweckmäßig, die Hälfte dieses Maßes

als Energie der Bewegung zu bezeichnen. Ist also m die Masse, v die Geschwindigkeit, so ist die Energie $\frac{1}{2} mv^2$ (wobei man $mv \times v$, nicht $m \times v^2$ lesen muß, wie Clifford gesprächsweise hervorgehoben hat).

Etwas ganz anders ist die Energie der Lage. Wenn ich ein Buch, das auf dem Tische liegt, emporhebe und auf das Pult oberhalb des Tisches lege, so erwirbt es Energie der Lage, welche gemessen wird durch das Gewicht des Buches, multiplicirt mit dem Höhenunterschied beider Lagen (die Schwere an beiden als gleich vorausgesetzt).

Läßt man einen Körper aus einer höheren Lage in eine tiefere fallen, so hat er in dem Augenblicke, wo man ihn losläßt, keine Energie der Bewegung; aber im Falle gewinnt er ebensoviel Energie der Bewegung als er Energie der Lage verliert. Es zeigt sich, daß die Summe aus der Energie der Bewegung und der Energie der Lage immer unveränderlich ist.

Kraft ist, wie wir gesehen, eine Quantität, welche Richtung besitzt; Energie ist Quantität, welche größer oder kleiner sein kann, aber keine Richtung hat. Der Name Energie wird für zwei verschiedene Quantitäten gebraucht, und zwar eben deshalb, weil wir finden, daß ihre Summe constant bleibt.

Aber das Gesetz der Erhaltung der Energie sagt noch mehr. Es sind nämlich noch andere Qualitäten der Körper mit der einfachen Energie der Bewegung und der Lage verbunden. So die Wärme, welche, wie der Versuch zeigt, in Energie umgewandelt werden kann und die wir daher eine Form der Energie nennen, so daß wir dreierlei Energie haben: Energie der Bewegung, Energie der Lage und Wärme.

Es zeigt sich aber, daß in dem Falle der Wärme die Energie der Bewegung als solche vorhanden ist. Ein Gas besteht aus Molekeln, die mit großer Geschwindigkeit fortfliegen, rotiren und vibriren, und diese ganze Energie der Bewegung nennen wir eben Wärme. Und wenn wir einen wärmestrahlenden Körper und einen andern, den er erwärmt, betrachten, so ist der Raum zwischen ihnen mit Lichtäther erfüllt, der elastisch ist und in seinen letzten Theilchen sowohl Energie der Bewegung als Energie der Lage besitzt. In diesen Formen ist die Wärme in dem in Rede stehenden Raume vorhanden.

Ebenso ist auch im Bezug auf die Elektricität die Form der Energie ziemlich sicher festgestellt. Es giebt aber Fälle, in denen es nicht so ist, wie bei der chemischen Energie. Wenn wir Kohle verbrennen, so treten Kohlenstoff und Sauerstoff zusammen; aber wir wissen nicht, in welcher Form die Energie, welche nun als Wärme zu Tage tritt, vorher vorhanden war, und ob überhaupt in einer der beiden Formen. In einem solchen Falle ist die Erhaltung der Energie eine bloße Annahme, die wir machen, um das Princip auf alle Erscheinungen auszudehnen, in denen eine physische Eigenschaft in Energie überführbar ist.

Schließlich wirft Clifford noch drei Fragen auf. Zunächst, ob eine physische Kraft, wie etwa die Anziehung der Erde, analog sei dem Kraftaufwand bei einer Muskelthätigkeit, was er verneint wegen der Complicirtheit der Empfindung der Muskelanstrengung.

Dann fragt er, ob wir uns direct einer Kraft bewußt sind, wie oft behauptet wird. Auch diese Frage verneint er; denn wir wissen nicht, daß die chemischen Veränderungen in der Nervenmaterie, welche dem Bewußtsein entsprechen, Energie sind, und noch weniger wissen wir, daß sie eine Kraft sind.

Endlich wird noch die geistige Kraft berührt. Manche denken sich, daß der Wille ähnlich wie ein Funke auf Schießpulver wirkt und eine Fülle von Energie frei macht, indem die Gehirnsubstanz sich im Zustande labilen Gleichgewichts befinde. Es kann aber in der Natur kein absolut labiles Gleichgewicht geben, d. h. kein Gleichgewicht, das durch eine verschwindend kleine Kraft gestört wird, weil das Weltall nicht im Ruhezustand ist und jede Bewegung im Weltall eine endliche, wenn auch kleine Veränderung in der resultirenden Kraft jedes Punktes im Raume erzeugt. Wenn daher der Geist eine Kraft ist, die in der angedeuteten Weise wirkt, so muß er im Stande sein, eine bestimmte Menge Energie zu schaffen. Dies ist aber eine Annahme, die, wenn sie wahr wäre, ihre eigne Evidenz zerstören würde; denn sie würde die Gleichförmigkeit der Natur vernichten, auf welcher zuletzt die ganze Möglichkeit der Causalität beruht.

Akustik.

Die absolute Anzahl der Schwingungen, welche zur Erzeugung eines Tones erforderlich sind,

ist mehrfach behandelt worden. Schon Savart[1]) (1830) und August Seebeck[2]) (1841) haben diese Frage berührt, und neuerdings haben sich Pfaundler[3]), S. Exner[4]) und Felix Auerbach[5]) eingehender mit ihr beschäftigt. Die Frage ist aber in etwas verschiedenem Sinne aufgefaßt worden: während nämlich Seebeck und Pfaundler die Minimalzahl der Schwingungen zu bestimmen suchen, die überhaupt einen wahrnehmbaren Ton erzeugt, fragen Exner und Auerbach nach derjenigen Schwingungszahl, die dem Tone seine volle Charakteristik bezüglich der Tonhöhe giebt.

Savart fand mit Hilfe eines gegen eine Metall- oder Pappscheibe schleifenden Zahnrades, daß schon zwei Impulse dem Ohre den Eindruck eines der Höhe nach vergleichbaren Tones machen können, und zu demselben Ergebnisse ist auch Pfaundler gelangt auf Grund von Beobachtungen an der Sirene und mit Benutzung der sogenannten „tönenden Echos.“ Indessen hat derselbe gegen die Strenge der Beweisführung selbst das Bedenken erhoben, daß bei den von ihm benutzten Erscheinungen die Obertöne eine so große Rolle spielen, daß man sie nicht unberücksichtigt lassen darf.

Nach W. Kohlrausch in Straßburg lassen sich schon durch zwei Impulse Töne auf folgende Art erzeugen.[6]) „Man lege zwei Finger der Hand lose so an einander, daß sie mit den Enden der Nägel abgleichen, und klopfe nun etwas geneigt lose z. B. auf einen Tisch, dessen Eigenton durch aufgestellte Bücher, eingeschobene Schubladen ꝛc., eventuell auch noch dadurch, daß man den eigenen Körper fest auf ihn stützt, möglichst gedämpft ist. Man wird in der Hand leicht fühlen,

---

1) Ann. de chim. et de phys. XLIV, p. 348.
2) Poggend. Ann. Bd. 53, S. 417.
3) Wiener Akad. Ber. Bd. 76, S. 561 (1877).
4) Pflüger's Archiv, Bd. 13, S. 228 (1876).
5) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 6, S. 591.
6) Dies. Bd. 7, S. 335.

daß die beiden Finger selten genau gleichzeitig aufschlagen, und bei einiger Aufmerksamkeit hört man (am besten bei zwei- bis dreimaliger Wiederholung des Aufschlagens in der Secunde) neben dem der Höhe nach unbestimmten Geräusche des Klopfens jedesmal einen Ton von sehr leerem Klange und einer Höhe, die sprungweise je nach der Fingerstellung wechselt, die man aber bei einiger Uebung doch angenähert in der Hand hat. Aehnliche Töne bekommt man, wenn man mit dem Fingernagel über kurze Strecken gerippten Papiers hinfährt."

Was Exner anlangt, so findet derselbe durch seine Experimentaluntersuchung die Zahl siebzehn, aber, wie schon angedeutet, in etwas anderem Sinne. Man muß nämlich unterscheiden zwischen Ton im physikalischen und im physiologischen Sinne; der letztere ist die Empfindung des ersteren, er ist daher von diesem durch eine meßbare kleine Zeit getrennt. Auerbach macht nun darauf aufmerksam, daß man hierbei zwei Zeiten bestimmt unterscheiden muß: die Zeit, welche vom Momente der Entstehung eines physikalischen Tones bis zur Entstehung der Empfindung eines Tones vergeht, und die Zeit, welche von demselben Momente bis dahin verstreicht, wo der Ton als solcher wahrgenommen wird. Von der Verschiedenheit beider Zeiten, der „Empfindungszeit" und der „Unterscheidungszeit", kann man sich durch ein Paar einfache Versuche überzeugen. Die erstere Zeit erhält man, wenn man jemand auf einen bestimmten, unveränderten und oft nach einander ausgeübten Gehörreiz von der Natur eines einfachen Tones reagiren läßt und den Mittelwerth aller erhaltenen Zeiten nimmt. Um aber die letztere Zeit zu gewinnen, giebt man dem Betreffenden auf, von verschiedenen, ihm vorher bekannt gemachten, an Stärke oder Höhe oder Klang ungleichen Tönen, welche in unregelmäßiger Folge zu Gehör gebracht werden, nur auf einen einzigen, vorher ausgewählten zu reagiren, und nimmt dann den Mittelwerth aus den erhaltenen Zeiten. Dabei erhält man in der That die Unterscheidungszeit größer als die Empfindungszeit.

Auerbach und J. von Kries haben eine Reihe von Versuchen zur Bestimmung beider Zeiten durchgeführt, wobei sich Gelegenheit bot, die Anzahl der zur Erzeugung einer Tonempfindung erforderlichen Schwingungen zu bestimmen. Dabei

wurden Töne verwendet von 400, 500 und 640 Schwingungen in der Secunde, die durch Stahlplättchen in dem Momente erzeugt wurden, wo sie von zwei unter ihnen angebrachten Elektromagnetpolen in Folge Verschwindens des Magnetismus abrissen; außerdem wurde auch der elektrische Funke benutzt, dem nach Töpler's Versuchen ein einfacher Impuls entspricht. Für diese Empfindungszeit ergaben sich nun beim

tiefsten	mittleren	höchsten Tone	Funken
0,158	0,154	0,141	0,130 Sec.

als Mittel aus den von beiden Experimentatoren erhaltenen Werthen.

Auerbach zieht aus der Verschiedenheit dieser Zahlen den Schluß, daß einige Schwingungen vergehen müssen, ehe überhaupt eine Tonempfindung entsteht. Diese Zeit findet er, indem er die Differenzen der drei ersten der vorstehenden Zahlen und der vierten mit den betreffenden Schwingungszahlen multiplicirt; die Abweichungen der drei Resultate 7, 12 und 11 hält er „in Anbetracht der schwierigen Versuchsverhältnisse und ihrer regellosen Anordnung" für nicht so groß, daß er sich von dem Schlusse abhalten lassen sollte, „die gefundene Zahl sei von der Tonhöhe wenig oder gar nicht abhängig", und er nimmt deshalb den Mittelwerth 10.

Ferner zeigte sich bei den Versuchen über Unterscheidung zwischen einem hohen und einem tiefen Tone, daß das Erkennen des hohen Tones schneller erfolgt als das des tiefen. Diese Thatsache erklärt er sich nun durch die Annahme, daß, nachdem die Tonempfindung zu stande gekommen ist, wieder einige Schwingungen vergehen müssen, ehe die Tonempfindung ihre charakteristische Höhe erhält. Ist x diese Anzahl, n die Schwingungszahl, y die Unterscheidungszeit, welche sich unabhängig von n ergeben würde, und U die beobachtete Unterscheidungszeit, so besteht die Gleichung

$$\frac{x}{n} + y = U.$$

Nun fand sich als Mittel von vielen Einzelwerthen

für $n = 400$ . . . $U = 0,044$ Sec.
„ $n = 640$ . . . $U = 0,034$ „ ,

woraus sich für x ein Werth zwischen 10 und 11 ergiebt.

Addirt man dazu die oben gefundene Empfindungszeit, so ergeben sich 20 Secunden.

Dieselbe Zahl ergiebt sich noch auf eine andere Weise. Es ist erklärlich, daß eine einzige Schwingung nicht genügen kann, um eine Tonempfindung zu erzeugen. Den Grund aber dafür, daß deren mehr als zwei nothwendig sind, glaubt Auerbach darin zu erblicken, „daß der Vorgang des Hörens, wie jeder Vorgang des Mitschwingens, nicht den Charakter eines plötzlichen Herausgreifens, sondern den einer allmählichen Auslese hat. Denken wir uns den Aufhängepunkt eines Pendels in Schwingungen versetzt. Die erste Schwingung versetzt die Pendelkugel, gleichviel welche Länge der Faden hat, in Schwingungen in derselben Ebene; die zweite fördert diese Schwingungen, falls sie um die Schwingungsdauer des Pendels später als die erste erfolgt; sie vernichtet sie, falls sie um die Hälfte der Schwingungsdauer der Pendelkugel später als die erste erfolgt; in allen andern Fällen tritt eine allmähliche Schwächung der Schwingungen der Pendelkugel ein. Aehnlich verhält es sich beim Vorgang des Hörens. Die erste dem Ohr zugeführte Schwingung erregt alle Corti'schen Fasern; die zweite bringt nun nicht sofort alle zur Ruhe, bis auf diejenigen, welche dauernd in der Periode des betreffenden Tones schwingen können, weil der Unterschied beider Perioden null oder sehr klein ist, sondern sie gestattet auch noch vielen, zu beiden Seiten der obigen gelegenen Fasern, weiter zu schwingen, etwa allen denen, welche seit dem ersten Impulse mehr als das

$$\left(1 - \frac{1}{2\,k}\right) \text{fache}$$

und weniger als das

$$\left(1 + \frac{1}{2\,k}\right) \text{fache}$$

einer Schwingung beendet haben." Einen physikalischen Ton dieser Art nennt Auerbach einen „Ton von der Breite k." Aus der Art und Weise, wie die Bewegung der ausschwingenden Fasern durch jeden neuen Impuls beeinflußt wird, ergiebt sich nun, daß die Breite des Tones nach der p ten Schwingung nur noch $\frac{k}{p-1}$ beträgt. Um nun zu ermitteln, wieviel

Schwingungen p nöthig sind, um einen physiologischen Ton, eine Tonempfindung zu erzeugen, muß man

1) die Breite k des von dem zweiten Impuls erzeugten physikalischen Tones und

2) die Breite k′ bestimmen, welche ein Ton besitzen darf, um einen physiologischen Ton zu erzeugen, dem ein reiner ausgeprägter Charakter zukommt.

Im Bezug auf die erste Zahl ist nur eine ganz rohe Schätzung möglich, und Auerbach setzt nach Analogie mit Pendelschwingungen k = 0,20. Aus musikalischen Gründen nimmt er ferner k′ als nicht wesentlich verschieden von der Differenz der Schwingungszahlen an, die dem sogenannten Komma (80 : 81) entspricht. Indem er nun k′ = 0,01 setzt, ergiebt sich die gesuchte Zahl

$$p = \frac{k}{k'} = 20.$$

Endlich erinnert Auerbach noch an die musikalische Thatsache, „daß Triller und Vorschläge in tiefen Lagen verschmäht oder, wo sie noch vorkommen, schwerfälliger werden“, was sich seiner Ansicht nach am einfachsten durch die Rücksicht auf das störende Nachklingen der Töne erklärt. „Versucht man es, sie durch den Umstand zu erklären, daß eine gewisse Anzahl von Schwingungen zur Erzeugung und Charakterisirung des Tones erforderlich sind, so findet man hierfür etwa die Zahl 10 als untere Grenze.“

Aus alle dem zieht nun Auerbach den Schluß, „daß wahrscheinlich etwa 20 Schwingungen zur Erzeugung eines charakteristischen Tones erforderlich sind.“

Mit demselben Thema hat sich auch später W. Kohlrausch beschäftigt.[1]) Indem er die Annahme macht, ein bestimmtes Ohr möge im Stande sein, die Töne zweier Tonquellen bei einem gewissen Intervall derselben noch als verschieden zu erkennen, legt er sich die Frage vor, „wie groß dieses Intervall sei, wenn die eine Tonquelle eine beschränkte Anzahl von Schwingungen macht, während die andere an-

1) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. X, S. 1. „Ueber Töne, die durch eine begrenzte Anzahl von Impulsen erzeugt werden“.

dauernde, aber völlig scharf definirte Töne giebt, und ob sich dieses für eine bestimmte Anzahl von Schwingungen der einen Tonquelle charakteristische Intervall mit der Tonhöhe ändere."

Zur Erzeugung eines Tones von beliebiger Höhe und beliebiger, beschränkter Schwingungsanzahl wurde ein 3 Meter langes Pendel benutzt, an dessen unterem Ende ein Stück Zahnrad mit verstellbaren Zähnen — in 2, 3 oder 4 Centimeter Abstand — angebracht war, dessen Halbmesser der Pendellänge gleich war. Wenn nun das schwingende Pendel seine Gleichgewichtslage passirte, so gaben die Zähne durch Anschlagen gegen ein Kartenblatt eine Anzahl Impulse und damit einen Ton von bestimmter Höhe.

Die Vergleichstöne lieferte ein Monochord, dessen Messingsaite, durch leisem Anschlag mit einem Lederhammer erregt, 261 Schwingungen in der Secunde machte.

Die Beobachtungen wurden nun in der Weise angestellt, daß auf dem Monochord zunächst der Ton gesucht wurde, der eben noch als höher als der des Pendels erkennbar war. Dabei wurde entweder das tönende Monochord kurz ehe der Ton des Pendels kam, abgedämpft, oder man ließ es während desselben weiter klingen, oder man schlug es unmittelbar nach dem Pendeltone an, bis die richtige Stellung des Steges gefunden war. Ebenso wurde der eben noch als tiefer erkennbare Ton des Monochordes ermittelt, und beide Bestimmungen wurden abwechselnd gewöhnlich dreimal wiederholt.

Das Verhältniß der Schwingungszahlen des so beobachteten erkennbar tieferen zu denen des erkennbar höheren Tones, also das doppelte des Intervalles, welches zwei für das Ohr noch eben unterscheidbare Töne bilden, nennt nun Kohlrausch das „charakteristische Intervall" für das betreffende Zahnrad.

Die Versuche wurden mit der größten Zahl Zähne begonnen, dann unter folgeweisem Abschrauben der äußersten Zähne wiederholt und für jede Zahnzahl wurde das charakteristische Intervall bestimmt.

Es ergab sich nun eine Abnahme des charakteristischen Intervalles bei wechselnder Anzahl der Zähne. Während Kohlrausch für 2 Zähne den Mittelwerth 0,958 angiebt, findet er bei 16 Zähnen 0,992; eine weitere Abnahme bei größerer Anzahl der Zähne konnte indessen nicht constatirt werden. Die

Hälfte dieses Intervalles oder 0,996 = 249/250 ist also das kleinste Intervall, welches beobachtet werden konnte. Die bedeutende Größe dieses Intervalles hängt wohl mit der Unvollkommenheit des Pendeltones zusammen, denn bei Vergleichung von Monochord und Stimmgabel vermochte Kohlrausch noch Tonhöhenunterschiede von 499/500 zu unterscheiden.

Bezüglich der uns interessirenden Fragen geht aus den besprochenen Untersuchungen zunächst hervor, daß ein Ton von absolut genommen zwei Schwingungen in den Grenzen der beobachteten Tonhöhen (81 bis 244 Schwingungen) von einem andauernden Tone jedenfalls dann als verschieden erkannt wird, wenn er mit demselben ein Intervall von 49/50 bildet.

Dann aber zeigt sich auch in genügender Uebereinstimmung mit den Ergebnissen von Exner und Auerbach, daß für ein Ohr von mittler Feinheit in Auffassung der Tonhöhen die mögliche Schärfe in der Definition der Höhe eines Tones nicht mehr merklich zunimmt, nachdem 16 Schwingungen desselben vergangen sind.

Das Fechner'sche Gesetz für Schallempfindungen.

Im Jahre 1859 hat Fechner die Aufmerksamkeit hingelenkt auf ein für die verschiedenen Sinneswahrnehmungen, der Licht- und Schallstärke, der Schwere, der Wärme rc. gültiges Gesetz, das seitdem gewöhnlich als „Fechner's psychophysisches Grundgesetz" bezeichnet wird, obwohl dasselbe auf dem Gebiete der Optik schon früher durch Bouguer, Arago, Masson und Steinheil bemerkt, besonders scharf aber von E. H. Weber ausgesprochen worden ist. Dieses Gesetz lautet:

Wenn β und $\beta + \Delta\beta$ zwei nur quantitativ verschiedene Reizgrößen sind, welche zwei Empfindungen hervorbringen, deren Größenunterschied $\Delta\gamma$ nur eben merklich ist, so daß also der Unterschied zwischen dem Reize β und einem, der kleiner als $\beta + \Delta\beta$ ist, nicht mehr wahrgenommen wird, so geben zwei andere, den vorigen proportionale Reizgrößen β' und $\beta' + \Delta\beta'$ zwar Empfindungen, die schwächer oder stärker sind als die früheren, je nachdem β' kleiner oder größer als β ist, der Unterschied $\Delta\gamma'$ dieser Empfindungen ist aber gleichfalls nur eben merklich.

Mit andern Worten: wenn der Unterschied der Reizgrößen

β und $\beta + \varDelta\beta$, $\beta' + \varDelta\beta'$ nur eben merklich sind, so ist $\beta : \beta' = \varDelta\beta : \varDelta\beta'$.

Ueber die Unterscheidungsempfindlichkeit unseres Ohres für Schallstärken waren früher nur zwei experimentelle Untersuchungen veröffentlicht. Die erste, im Tübinger physiologischen Institute auf Veranlassung des Prof. v. Vierordt, von Th. Renz und A. Wolf in der Mitte der fünfziger Jahre ausgeführt, ermittelte das Unterscheidungsvermögen des Ohres an einem einzigen Punkte der Reizscala. Als Schallquelle diente eine Taschenuhr, die in den einzelnen Vergleichsversuchen in je zwei verschiedene Abstände vom Ohr gebracht wurde, um die erforderlichen Variationen der mit einander zu vergleichenden Schallstärken hervorzubringen. Schallstärken von 28 Proc. Unterschied wurden von zwei Beobachtern unter allen Umständen von einander unterschieden, während bei einer Differenz von nur 8 Proc. die Zahl der richtigen Urtheile die der falschen und unentschiedenen nur wenig übertraf.

Ferner gedenkt Fechner in dem ersten Bande seiner „Elemente der Psychophysik" der Versuche von Prof. Volkmann in Halle. Derselbe benutzte in einer ersten Versuchsreihe ein Pendel, welches gegen eine vibrationsfähige senkrechte Platte anschlug. Die verschiedenen Schallstärken der mit einander zu vergleichenden beide Töne wurden durch Herabfallen des Pendels aus verschiedenen Elongationen hergestellt; indem ferner der Beobachter sich von der Platte successiv entfernte, konnte auch die absolute Schallstärke bis auf nahezu das 150fache variirt werden. In einer zweiten Versuchsreihe benutzte Volkmann Stahlkugeln, die auf eine Stahlplatte herabfielen; durch Variation der Fallgewichte (zwischen 1,35 und 14,85 Gramm) und Fallhöhen (fast ums Vierfache) sowie des Abstandes (1 bis 6 Meter) des Beobachters konnten die absoluten und relativen Tonstärken innerhalb ziemlich weiter Grenzen abgeändert werden. Schallstärkedifferenzen von 25 Proc. konnten „mit Sicherheit" von einander unterschieden werden, was mit den Ergebnissen von Renz und Wolf nahezu übereinstimmt.

Eine erneute Prüfung unseres Unterscheidungsvermögens auf diesem wichtigen Sinnesgebiet schien besonders dann erwünscht, wenn die Versuche sich über eine möglichst große Breite der Schallstärken erstrecken, und das um so mehr, als man

neuerdings die Gültigkeit des Fechner'schen Gesetzes auf verschiedenen anderen Sinnesgebieten mehrfach zu bestreiten oder doch auf verhältnißmäßig enge Grenzen zu beschränken versucht hat.

Eine solche Prüfung ist nun auf Anregung Vierordt's im physiologischen Institute in Tübingen durch Carl Nörr unter Assistenz des Institutsdieners Nagel ausgeführt worden.[1])

Die Versuche wurden, ebenso wie die früheren von Renz und Wolf, nach der Methode der richtigen und falschen Fälle angestellt, welche in der vorliegenden Frage streng genommen allein zulässig erscheint. Es bestand also die Aufgabe in jedem Einzelversuch darin, zwei mäßig verschiedene Schallstärken unmittelbar nach einander zum Vergleich zu bringen und den Hörenden entscheiden zu lassen, welcher der beiden Schalle der stärkere sei. Doch beschränkten sich die Versuche nicht auf die Vergleichung verschiedener Schallstärken, sondern um den Experimentirenden zu völliger Voraussetzungslosigkeit zu nöthigen, wurden auch zahlreiche Vexirversuche mit gleicher Schallstärke der zu vergleichenden Fälle eingeschaltet.

Zur Herstellung bestimmter Schallstärken ließ Nörr Bleikugeln von 6,7 Milligr. bis 1025,1 Gramm Gewicht durch eine beliebige, genau meßbare Höhe auf eine wagrechte vibrationsfähige Platte fallen. Anfangs ging er von der Ansicht aus, daß die Schallstärke dem Gewicht der fallenden Kugel und dem Quadrat der Schwingungsamplitude der tönenden Platte proportional sei. Versuche, welche Prof. v. Vierordt innerhalb einer genügenden Variation der Fallhöhen und der Fallgewichte anstellte, zeigten aber auf das Bestimmteste, daß die Schallstärke proportional ist der Quadratwurzel aus der Fallhöhe, also proportional der einfachen Geschwindigkeit der fallenden Kugel im Momente des Aufschlagens. Sonach ist also die „Quantität der Schallbewegung" das Maß der Schallstärke, was schon Schafhäutl aus theoretischen Gründen angenommen hat. Bei den sieben Versuchsreihen, welche durchgeführt wurden, variirten nun die geringsten Schallstärken, entsprechend der geringsten Fallhöhe jeder Reihe von 2572,8 bis 786 251 700 Milligramm-Millimeter, und da Nörr den Schwel-

1) Zeitschr. für Biologie. Jahrg. 1879, S. 297.

lenwerth seiner Gehörsempfindung (die geringste wahrnehmbare Schallstärke) zu 1500 Milligramm-Millimeter bestimmt hat, so bewegen sich die geringsten Schallstärken in dem Intervalle von 1,71 bis 524167,8 Empfindungseinheiten. Außer der geringsten Schallstärke wurden dann noch in jeder Reihe drei andere Schallstärken benutzt, welche (in den fünf ersten Reihen angenähert, in den zwei letzten genau) um 5, 10 und 20 Proc. größer waren.

Das Endergebniß ist nun zu Gunsten der Gültigkeit des Fechner'schen Gesetzes: die Unterscheidungsempfindlichkeit bleibt gleich bei den schwächsten wie bei den stärksten Schallen. Dabei ist es in hohem Grade auffällig, daß selbst bei so außerordentlich schwachen Schallstärken, wie sie beim Falle einer Kugel von 6,7 Milligramm Gewicht aus Höhen von 7,5 bis 10,4 Millimeter erhalten wurden, keine Ausnahme beobachtet wurde, während in den übrigen Sinnesgebieten bekanntlich die schwächsten Reizgrößen sich auch nicht einmal annähernd dem Fechner'schen Gesetz fügen.

Ueber die

Aenderungen der Schwingungen einer Stimmgabel unterm Einfluß der Wärme

sind von Dr. Rud. König in Paris Untersuchungen angestellt worden [1]), die angesichts der ausgedehnten Verwendung, welche die Stimmgabel im Laufe der letzten Jahrzehnte als Präcisionsinstrument gefunden hat, besonders werthvoll sind.

Der Apparat, dessen er sich hiezu bediente (Fig. 2), zeichnet sich nicht nur durch die außerordentliche Präcision seiner Angaben aus, sondern liefert diese auch ohne jede umständliche oder schwierige Manipulation des Beobachters; er gestattet auch, zu jeder Zeit die absolute Schwingungszahl der Stimmgabel zu verificiren und läßt die geringste Aenderung der ursprünglichen Schwingungszahl erkennen. Uebrigens hebt König selbst hervor, daß der Apparat nicht auf einer wesentlich neuen Idee beruht, sondern nur eine passende Combination verschiedener bekannter Elemente enthält.

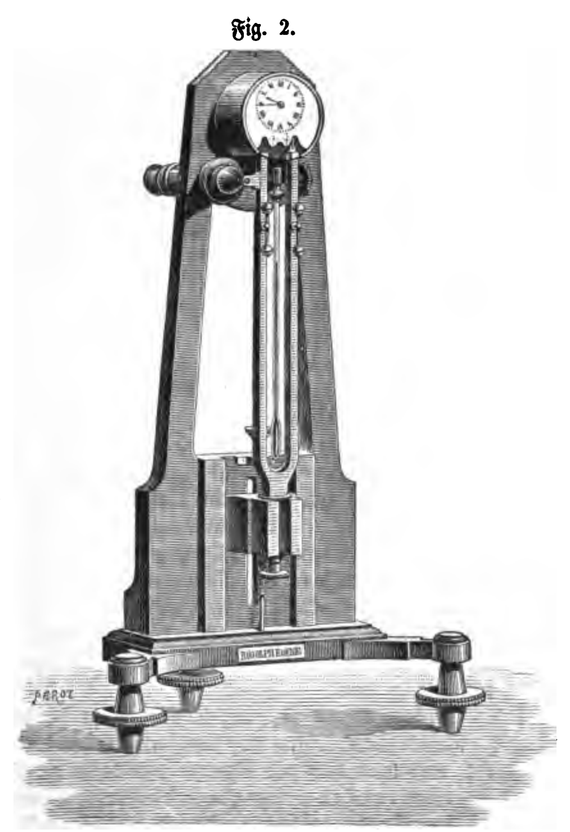
Eine Stimmgabel aus englischem Gußstahl, den Ton

---

1) „Untersuchungen über die Schwingungen einer Normalstimmgabel" in den Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 9, S. 394.

C (Ut$_1$) von 128 einfachen Schwingungen in der Secunde gebend, ist in der Weise mit einem Uhrwerk verbunden, daß sie mittels des Echappements den Gang desselben regulirt, aber auch durch dasselbe bei jeder Vibration einen kleinen Impuls

Fig. 2.



erhält, so daß ihre Schwingungsbewegung dauernd unterhalten wird. Dieses System ist zuerst verwirklicht worden in einer Uhr, welche Niaudet am 10. December 1866 der Pariser Akademie vorgezeigt hat, und die dann auf den Ausstellungen

von Paris 1867 und Wien 1873 zu sehen war. Das Uhrwerk, welches König durch Brown hat fertigen lassen, trägt drei Zifferblätter: auf dem ersten, in 128 Theile getheilten, macht der Zeiger eine Umdrehung während die Stimmgabel 128 einfache Schwingungen macht, also in einer Secunde; das zweite, sowie das dritte und größte zeigt die Secunden, Minuten und Stunden nach Art eines gewöhnlichen Chronometers an. Auf dem Zinken der Stimmgabel sind Mikrometerschrauben mit Knöpfchen zur genauen Regulirung der Schwingungsperiode angebracht. Auf einer Zinke ist außerdem das Objectiv eines Mikroskopes befestigt, dessen Körper mit dem Ocular sich dahinter auf dem Gestell befindet, so daß auf solche Art ein Lissajous'sches Vibrationsmikroskop gebildet wird. Auf der andern Zinke befindet sich als Gegengewicht der Objectivlinse ein Stahlspiegel. Zwischen den Zinken der Gabel ist ein Thermometer angebracht, dessen Quecksilberbehälter bis in den innern Theil der Gabel reicht, wo die Bewegung der Arme am geringsten, der Einfluß der Wärme aber am größten ist.

Setzt man Gabel und Uhrwerk dieses Apparates in Gang, so erhält man eine völlig isochrone, immer gleich weite Schwingungsbewegung, welche man mit der Bewegung irgend eines andern tönenden Körpers optisch vergleichen kann und deren absolute Schwingungszahl sich aus dem bloßen Vergleiche der Uhr des Instrumentes mit einem Chronometer ergiebt. Ist diese Uhr während einer Stunde richtig gegangen, so hat die Stimmgabel genau 128 einfache Schwingungen in der Secunde gemacht; ist sie aber in einer Stunde beispielsweise um eine Secunde vor- oder nachgegangen, so hat die Stimmgabel in jeder Secunde 128/3600 oder 0,0355 einfache Schwingungen mehr oder weniger gemacht.

Bei den Beobachtungen ist ganz besonders zu berücksichtigen, daß die äußere Temperatur nur langsam auf die Stimmgabel übergeht, und man darf der letzteren nur dann die Temperatur des Thermometers zuschreiben, wenn die letztere mehrere Stunden lang ungeändert geblieben ist und die Uhr während dieser Zeit, verglichen mit dem Chronometer, in ihrem Gange keinen Wechsel mehr erkennen läßt.

Aus 48 in der Zeit vom Ende Juli bis Ende August vorigen Jahres ausgeführten Beobachtungsreihen, von denen

14 sich auf Temperaturen von + 21° bis + 26,1° C, 34 aber auf Temperaturen von 3,1° bis 17° beziehen, ergiebt sich nun der Einfluß eines Centigrades auf den Gang der Uhr zu 0,403 Secunden; die Schwingungszahl der Gabel von 128 einfachen Schwingungen wird daher um 0,0143 einfache Schwingungen geändert.

Wenn Gabeln von verschiedener Schwingungszahl in ihrer Stärke und Form nicht zu sehr von einander abweichen, so ist der Wärmeeinfluß ihren Schwingungszahlen proportional; er beträgt daher für eine Gabel c^1 (Ut_3) von 512 einfachen Schwingungen 4 mal soviel als für die Gabel C, also 0,0572 einfache Schwingungen.

Ferner kann die Wärmewirkung als proportional der Temperaturänderung angenommen werden; streng genommen ist sie allerdings wohl etwas geringer bei sehr großen Temperaturänderungen. Macht also eine Gabel 512 einfache Schwingungen bei 20°, so macht sie deren bei $20 \pm t^0$ $512 \mp 0{,}0572 . t.$

König hat eine Normalstimmgabel, die bei 20° C 512 einfachen Schwingungen macht, in der Weise hergestellt, daß er zunächst die Stimmgabel des Apparates bei 20° so regulirte, daß sie während 6 Stunden keinen Gangunterschied mit dem Chronometer erkennen ließ. Mit dieser Gabel stimmt er dann bei gleicher Temperatur optisch die Gabel von 512 einfachen Schwingungen mit solcher Genauigkeit, daß, wenn die Schwingungen mit dem Vibrationsmikroskop bis zum Verschwinden, also 80 bis 90 Secunden lang, beobachtet wurden, die Figur der rechtwinkligen Composition der Schwingungen von 1 : 4 durchaus nicht die geringste Drehung wahrnehmen ließ.

In früherer Zeit hat König als Etalon eine Stimmgabel adoptirt, welche die Bezeichnung $Ut_3 = 512$ einfache Schwingungen ohne Angabe der Temperatur trug; er hielt aber dafür, daß sie diese Schwingungszahl bei 20° Wärme gäbe. Es hat sich aber gezeigt, daß dieselbe etwas tiefer ist, als die mit Hilfe der Stimmgabeluhr construirte Normalgabel c^1 und daß sie mit dieser 11 Schwebungen in 62 Secunden hören läßt. Sonach ist die Schwingungszahl der alten Gabel 512,3548 bei 20° und die Zahl 512 giebt sie bei $20 + 0{,}3548/0{,}0572 = 26{,}2^0$ C.

Die absolute Schwingungszahl der älteren König'schen

Gabel ist auch von Anderen mehrfach bestimmt worden, und es fand

Prof. A. M. Mayer in Hoboken mittels der graphischen Methode Ut_3 = 255,96 Doppel-Schwingungen bei 60° F (15 5/9 C) und die Verzögerung der Schwingungsperiode für den Temperaturunterschied von 1° F = 1/22000;

Dr. R. C. Cooley fand ohne Temperaturangabe mit seinem electric register Ut_3 = 256 Doppel-Schwingungen;

Lord Rayleigh ohne Temperaturangabe mit einem Harmonium Ut_1 = 63,98 bis 64,06 Doppel-Schwingungen, und

Prof. M. Lead und Lieutenant Clarke, ebenfalls ohne Temperaturangabe, mit Hilfe ihres Cykloskopes Ut_3 = 256,281 bis 256,287 Doppel-Schwingungen; die Vertiefung der Gabel durch Erhitzen ergab sich durch Experimente mit einem geheizten Kasten gleich 0,011 Proc. für einen Centigrad.

Einen wesentlich abweichenden Werth, nämlich Ut_3 = 258,2 Doppel-Schwingungen, hat Prof. Preyer angegeben. „Dieses auffällige Resultat findet aber seine Erklärung in der Anwendung eines Tonometers bei den Experimenten, bei welchem die einzelnen Töne statt durch Stimmgabeln, durch Harmoniumzungen gebildet werden, die auf demselben Brette befestigt und in derselben Luftmasse eingeschlossen, sich gegenseitig influenzirten, etwa in der Art, wie es die Pendel in dem bekannten Pendelversuche Savart's thun, wodurch das Instrument, wenn man diese Fehlerquelle unberücksichtigt läßt, zur genauen Bestimmung der Schwingungszahl vollständig unbrauchbar wird.“ Einen ähnlichen Fehler hat auch A. J. Ellis begangen.

Mit Hilfe seiner Normalgabel c^1 = 512 einfache Schwingungen hat König auch die französische Normalgabel von gesetzlich 870 einfachen Schwingungen bei 15° C (a^1 oder La_3) untersucht, die im Conservatoire de musique et de déclamation in Paris aufbewahrt wird. Eine Gabel wurde vermittelst der Stöße um 10 einfache Schwingungen höher gestimmt bei 20° als die Normalgabel c^1 = 512; dann wurde auf optischem Wege zwischen dieser Gabel und einer zweiten das absolut reine Verhältniß von 3 : 5 hergestellt, wodurch diese zweite Gabel 870 einfache Schwingungen bei 20° erhielt. Da nun der Einfluß eines Wärmegrades von 870 einfachen

Schwingungen = 0,0972 einfachen Schwingungen ist, so würde diese Gabel bei 15° 870 + 5 . 0,0972 = 870,486 einfache Schwingungen machen, oder sie müßte bei 20° um 0,486 einfache Schwingungen tiefer als 870 sein, um bei 15° genau 870 Schwingungen geben zu können. Man hat also nur mit der Gabel von 870 einfachen Schwingungen bei 20° bei gleicher Temperatur eine zweite um 15 Schwebungen in 61½ bis 62 Secunden tiefer zu stimmen, um die gewünschte Gabel von 870 einfachen Schwingungen bei 15° zu erhalten. Eine in dieser Weise hergestellte Gabel wurde nun mit der französischen Normalgabel im Conservatorium verglichen, nachdem sie einige Tage lang neben dieser gelegen hatte, um dieselbe Temperatur anzunehmen. Dabei ergaben sich für die Schwingungszahl der französischen Normalgabel bei 15° C 870,9 einfache Schwingungen; diese Gabel macht daher 870 einfache Schwingungen erst bei 24,26° C.

Musikalische Stimmung.

Es ist bekannt, daß die musikalische Stimmung oder, was dasselbe ist, die absolute Schwingungszahl der Töne, nach denen man die verschiedenen musikalischen Instrumente stimmt, im Laufe der Zeit nicht unbedeutenden Aenderungen und Schwankungen unterworfen gewesen ist und daß auch gleichzeitig an verschiedenen Orten in dieser Hinsicht große Verschiedenheiten bestanden haben und zum Theil noch heutigen Tages bestehen. Die genaue Angabe der Stimmung, die in früheren Zeiten üblich gewesen, ist indessen mit großen Schwierigkeiten verbunden, da das zur Bestimmung nöthige Material nicht leicht zu beschaffen ist. Es wird daher nicht ungerechtfertigt erscheinen, wenn wir hier die wesentlichsten Ergebnisse mittheilen, zu denen Alexander J. Ellis bei seinen umfangreichen geschichtlichen Untersuchungen über die musikalische Stimmung gelangt ist und die er in einem vor der Londoner Society of Arts am 3. März d. J. gehaltenen Vortrage veröffentlicht hat.[1])

Zwei Hilfsmittel giebt es, durch welche die musikalische Stimmung früherer Zeiten uns überliefert wird: Stimmgabeln

1) Im Auszug in Nature XXI, p. 550; ausführlich im Journal of the Society of Arts, 1880 March 5 und April 2.

und Orgelpfeifen. Erstere reichen aber nur bis zum Jahre 1711 zurück, und für weiter zurückliegende Zeiten sind wir daher ausschließlich auf Orgelpfeifen angewiesen. Stimmgabel wie Pfeife ändern aber ihre Höhe mit der Temperatur, weshalb Ellis seine Angaben auf eine mittlere Temperatur von 59° F = 15° C = 12° R bezieht. Die Stimmgabel geht beim Erkalten in die Höhe, die Orgelpfeife giebt dagegen beim Erwärmen einen höhern Ton als vorher. Während aber diese Aenderungen bei der Stimmgabel nur gering sind — Ellis giebt sie zu einer Schwingung auf 21 000 für 1° F an, d. i. eine Schwingung auf 11 666 für 1° C, womit das obige Ergebniß König's zu vergleichen ist — erreichen dieselben bei Pfeifen eine ansehnliche Größe, nämlich eine Schwingung auf 1000 für jeden Grad F. Stimmgabeln behalten bei einigermaßen sorgsamer Aufbewahrung ihre Tonhöhe beträchtlich lange Zeit unverändert; Ellis selbst hat sich überzeugt, daß einige Gabeln von 1837 bis 1880 ihre Tonhöhe nicht um 1/10 Schwingung geändert haben.

Zur Ermittelung der absoluten Schwingungszahl wendete Ellis das Scheibler'sche Stimmgabel-Tonometer an, eine Reihe von Stimmgabeln, von denen jede mit der folgenden 4 Stöße in der Secunde macht und deren höchste die Octave der tiefsten angiebt; die absolute Schwingungszahl der letzteren ist dann gleich der Summe der Stöße in der ganzen Reihe. Damit ist die Schwingungszahl jeder Gabel des Tonometers bekannt, sie ist nämlich um 4 größer als die der nächst tieferen, und wenn man irgend eine andere Gabel mit einer des Tonometers zugleich schwingen läßt und man hört n Stöße in der Secunde, so ist die Schwingungszahl der höhern von beiden Gabeln um n größer als die der tiefern. Ellis benutzte Gabeln von Scheibler selbst, die ihm vom derzeitigen Besitzer, Amels, geliehen worden; seine Resultate wurden von den Professoren Mc Leod und Alfred Mayer verificirt.

Ellis hat nun eine große Anzahl älterer Stimmgabeln theils in Originalen, theils in Copien zusammengebracht; er hat ferner eine Menge Orgeln untersucht oder sich Stimmgabeln verschafft, die bei einer bekannten Temperatur nach ihnen gestimmt waren. Orgelbauer schickten ihm Pfeifen, die sie von alten Orgeln aufbewahrt hatten; Pfeifen, deren Di-

mensionen in alten Schriften angegeben sind, wurden getreu nachgebildet, und endlich wurden die älteren Bestimmungen von Scheibler, Näke, Delezenne, Lissajous, Cagnard de la Tour, Robert Smith in Cambridge, Fischer in Berlin, Euler und Marpurg berücksichtigt. Auf diese Weise erhielt Ellis über 320 Bestimmungen von absoluten Schwingungszahlen, von denen nahezu die Hälfte von ihm selbst herrührt. Diese Bestimmungen reichen zurück bis in's 14. Jahrhundert, zu der großen Halberstädter Orgel, die am 23. Februar 1361 von Nicolaus Faber vollendet und 1495 von Gregor Kleng restaurirt wurde; der deutsche Musiker Prätorius, der sie noch sah, hat sie 1619 in seinem Syntagma musicum beschrieben.

In früherer Zeit unterschied man zweierlei Stimmung, den „Chorton" und den „Kammerton". Jener war für die kirchliche Musik bestimmt, dieser für die weltliche. Doch werden beide Benennungen von verschiedenen Autoren nicht übereinstimmend angewandt, und Prätorius will nach dem Vorgange der Prager und anderer Kapellen den Namen „Kammerton" überhaupt für die höhere Stimmung gebrauchen, während der Chorton um einen ganzen Ton tiefer sei. Dabei bemerkt er ausdrücklich, daß fast alle Orgeln im Kammerton gestimmt seien, welcher „allein vor der Tafel und in conviviis zur Fröhlichkeit gebraucht" werde, „welches dann vor Instrumentisten am besten"; der Chorton aber werde „allein in den Kirchen gebraucht um der Vocalisten willen". Nach der gewöhnlichen Bezeichnung sind aber die Orgeln im Chorton gestimmt, und diese Stimmung war im Allgemeinen in Deutschland eine sehr hohe; auch in England scheint diese hohe Stimmung verbreitet gewesen zu sein bis zur Zeit Cromwell's, doch sind leider in den Jahren 1644—46 die englischen Orgeln größtentheils von den Puritanern zerstört worden.

Eine mittlere Stimmung hat Prätorius einzuführen versucht. Er gab ihr die Bezeichnung „chormäßig", weil er sie als die für die protestantische Kirchenmusik geeignetste hielt. Ihr entsprechen u. a. die Händel'sche Stimmgabel (423 Schwingungen für das eingestrichene a), diejenige des Pianofortebauers Stein zu Mozart's Zeit, die G. Silbermann'schen Orgeln, die Stimmung der Opéra Comique in Paris 1820, die der Dresdner Kapelle unter Carl Maria von Weber ꝛc. Ueber-

haupt war diese mittlere Stimmung, mit kleinen Schwankungen in der Höhe, eine längere Zeit hindurch in ganz Europa herrschend, wie gegen 60 von Ellis gesammelte Stimmungen darthun. „Die Resonanz der Luft in den Cremoneser Geigen, die um 1700 gebaut sind, zeigt zwei Maxima, das erste ungefähr bei $c^1 = 270$ Schwingungen, das andere, weniger gut markirte, bei $c^1 = 252,5$, entsprechend $a^1 = 451$ und 423. Letztere ist mittlere Stimmung; die erstere, einen großen Halbton höher, war der entsprechende Kammerton. Gerade in dieser Periode haben die Schöpfer der modernen Musik geschrieben, sie haben deshalb ihre Vocalmusik für mittlere Stimmung berechnet, welche als die klassische musikalische Stimmung betrachtet werden muß, zu welcher unsere gegenwärtige Orchesterstimmung im Verhältnisse des Kammertones, einen großen Halbton höher steht.“ In dem Nachweise dieses Satzes erblickt Ellis das praktisch wichtigste Ergebniß seiner Untersuchungen.

Die bedauerliche Erhöhung der Stimmung in neuerer Zeit scheint rein zufällig gewesen zu sein. Ellis ist nirgends auf Zeugnisse für eine Opposition gegen die mittlere Stimmung gestoßen, bis das französische Conservatorium 1812 versuchsweise $a^1 = 440$ annahm, was aber keinen Beifall fand. Einen wesentlichen Schritt zur Einführung einer höhern Stimmung bildet die Ausstattung zweier Militärmusikbanden in Wien im Jahre 1816 mit Blasinstrumenten von solcher Stimmung. Nun ging auch die Wiener Oper mit ihrer Stimmung in die Höhe und allmählich, wiewohl zögernd, folgten die meisten andern Kapellen Deutschlands. In Dresden wurde eine höhere Stimmung eingeführt, als der Flötist Fürstenau eine neue Flöte aus Wien bezog; doch war in Dresden 1862 die Stimmung noch nicht bis $a^1 = 440$ gestiegen. Dagegen hatte das Leipziger Gewandhaus-Orchester im Jahre 1859 $a^1 = 449$. Die Stimmung $a^1 = 440$ wurde übrigens auch 1834 auf Scheibler's Vorschlag von der deutschen Naturforscher-Versammlung adoptirt. An der Pariser Grand Opéra war $a^1 = 427$, 1829 $a^1 = 434$ bis 440, 1854 $a^1 = 448$ bis 449, worauf 1850 die Einführung der französischen Normalstimmung $a^1 = 435$ Doppel-Schwingungen erfolgte, die ungefähr 1/4 Ton unterhalb der hohen vorher herrschenden und ebenso hoch über der alten mittleren Stimmung liegt.

In England wurde um 1828 Sir George Smart durch die Erhöhung der Stimmung in andern Ländern veranlaßt, die Stimmung der Philharmonischen Gesellschaft auch auf $a^1 = 433$ zu erhöhen, wobei er ungleichschwebende Temperatur beibehielt. Dies ist praktisch die französische Normalstimmung, und das c Smart's stimmt mit dem gleichschwebend temperirten französischen c überein. Smart'sche Stimmgabeln waren in England bis 1846 und noch später im Gebrauch. Unter Sir Michele Costa stieg die Stimmung ziemlich rasch und 1846 bis 1854 war $a^1 = 452,5$. Die Society of Arts berief 1859 eine Commission zusammen, die sich für $c^2 = 528$ entschied, dem $a^1 = 440$ entsprechen sollte (statt 444, wie es bei der gleichschwebenden Temperatur sein würde). Die Normalgabel, welche Griesbach anfertigte, gab aber $c^2 = 534,5$ und also $a^1 = 449,4$. So wurde die Stimmung der Society of Arts eine der höchsten. Bei den Philharmonischen Concerten ging 1874 die Stimmung bis $a^1 = 454,7$, und die (englischen) Pianos von Steinway in New-York sind sogar bis $a^1 = 457$ gegangen. Die Covent Garden-Oper hat sich aber neuerdings für die französische Stimmung entschieden.

In Deutschland und Oesterreich ist man nach ziemlich allgemeiner Annahme der französischen Normalstimmung vielfach wieder in die Höhe gegangen; Wien hatte 1878 $a^1 = 447$. In Bologna war 1869 $a^1 = 443$, und Ellis vermuthet, daß es im übrigen Italien nicht wesentlich anders ist.

Es giebt hiernach gegenwärtig nur eine einzige in weiteren Kreisen anerkannte normale Stimmung, die französische, fixirt durch eine Stimmgabel, die bei 15° C. $a^1 = 435,4$ Schwingungen giebt; Belgien, das eine Normalstimmung $a^1 = 451$ für Militärmusik besitzt, hat sich ebenfalls für die französische Stimmung entschieden, doch steht der Kostenpunkt der Ausführung noch entgegen.

Im Folgenden geben wir nach Ellis eine tabellarische Zusammenstellung verschiedener Stimmungen, von den tiefsten zur höchsten fortschreitend. Die erste Spalte d giebt an, wieviel Zehntel eines gleichschwebend temperirten Halbtones die betreffende Stimmung höher ist als die zu Grunde liegende tiefste Stimmung; durch Subtraction zweier Werthe dieser Spalte findet man sogleich die Differenz der entsprechenden

Stimmungen in Zehntel-Halbtönen. Die Spalte a¹ giebt die Schwingungszahl dieses Tones in der nächstliegenden ganzen Zahl.

1. Tiefster Chorton.

d	a¹	
0	370	Nullpunkt der Stimmung, nicht beobachtet.
2	374	Alte Orgel des Hospice Comtesse bei Lille nach Delezenne.
3	377	Schlick in Heidelberg 1511, welcher für das große F eine Orgelpfeife von 6 ½ Fuß rhein. angiebt; ein Modell von Dom Bédos 1766; Straßburger Orgeln von A. Silbermann 1714, nach Hopkins, die c² Pfeife 1 par. Fuß lang.

2. Tiefer Chorton.

10	392	Euler's Clavichorde, St. Petersburg 1739.
11	395	Orgel von Trinity College in Cambridge, 1759, die c² Pfeife 1 Fuß engl. lang; römische Stimmung um 1720.
12	396	Orgel in Versailles 1786, b¹ Pfeife 1 par. Fuß lang.

3. Tiefer Kammerton.

15	404	Römische Stimmgabel von 1730.
16	407	Sauveur in Paris 1713.
17	408	Mattheson in Hamburg 1762.
17	409	Clavier von Pascal Toskin in Paris 1783.

4. Mittlere Stimmung durch zwei Jahrhunderte;

b¹ in den Orgeln 1 Fuß engl. lang.

20	415	Stimmgabel an G. Silbermann's Orgel der katholischen Hofkirche in Dresden 1722.
21	418	Dieselbe Orgel 1878; Euler's Orgeln 1781.
22	420	G. Silbermann's Freiberger Domorgel 1714; Orgel im Dom zu Sevilla von Torje Bosch 1785 und andere spanische Orgeln.
23	422	Stein's Stimmgabel für Mozart's Piano 1785; tiefere Resonanz der Cremoneser Geigen um 1700; alte Stimmgabel von Lille, um 1754; Verona und Padua 1780; russische Hof-Kirchenkapelle 1860.

d	a^1	
23	423	Händel's Stimmgabel 1751; Green's Orgeln in St. Katharina in London 1778 und in der Pfarrkirche zu Kew 1780; Dresdener Oper unter Carl Maria von Weber 1815—21; Komische Oper in Paris 1820.
24	427	Prätorius' chormäßige Stimmung 1619; Stimmung der Londoner Philharmonischen Concerte 1813 bis 1828.
25	427	Pariser Große Oper 1811.
22	428	Renatus Harris' Orgeln 1696; Green's Orgel in der St. Georgskapelle in Windsor 1788; Pariser Komische Oper 1823.

5. Compromiß-Stimmung.

d	a^1	
27	433	Sir George Smart's Stimmgabel 1828.
27	434	Pariser Große Oper 1829.
28	435	Französische Normal-Stimmgabel 1859.

6. Moderne Orchester- und alte mittlere Stimmung.

d	a^1	
30	440	Pariser Conservatorium 1812; Pariser Oper 1829; Scheibler's Stuttgarter Stimmung 1834; Dresden 1862.
31	442	Bernhard Schmidt's Orgel in Hampton Court Palace 1690; verschiedene englische Orgeln (vermindertes b^1 1 Fuß engl. lang).
31	443	Bologna, Liceo Musicale 1869.
32	445	Oper in Madrid 1858; San Carlo in Neapel 1857.
32	446	Broadwood's mittlere Stimmung 1849—80; Pariser Große Oper 1856; Griesbach's a^1 für die Society of Arts 1860.
33	447	Wiener Oper 1878.
34	449	Pariser Große Oper 1858; Leipziger Gewandhaus-Concerte 1859; Griesbach ($c^2 = 534$) 1860.
35	451	Oper in Lille 1848—54; britische und belgische Militärmusik 1879; höhere Resonanz der Cremoneser Geigen um 1700.
35	453	Mittlere Stimmung der Philharmonischen Concerte unter Sir Michele Costa 1846—54.

d	a¹	
36	455	Höchste Stimmung der Philharmonischen Concerte 1874; Broadwood's, Erard's, Brinsmead's und Steinway's (englische) Concertflügel.
36	456	Wiener hohe Stimmung von 1859.
37	457	Steinway's amerikanische Pianos.

7. Hoher Kirchenton.

37	458	Wien, große Franciscanerorgel 1640.
43	474	Von Tomkins 1668 empfohlene Stimmung, von Bernhard Schmid angewandt in den alten Orgeln in Durham und in der St. James-Kapelle (a¹ 1 Fuß engl.), 1683 und 1708; Jordans' Orgeln in St. George, Botolph Lane, London 1748.
45	481	Orgel der St. Katharinenkirche in Hamburg 1543.
46	484	Alte kleine Orgel im Dom zu Lübeck.
48	489	Orgel der Hamburger St. Jacobikirche 1688.

8. Höchster Kirchenton.

50	494	Neue Stimmung der Orgel zu St. Jacobi in Hamburg 1879.
51	496	Orgel in Rendsburg 1668.
53	504	Schlick's hohe Stimmung 1511; Mersenne's ton de chapelle 1636.
54	506	Halberstädter Orgel 1361.

9. Aeußerster Kirchenton und höchster Kammerton.

73	563	Mersenne's ton de chambre 1636.
74	567	Ueblicher Kirchenton in Norddeutschland 1619, Prätorius' Kammerton. Wahrscheinliche Stimmung der Kirchenmusik von Orlande Gibbons (1583 bis 1625).

Das Audiphon.[1])

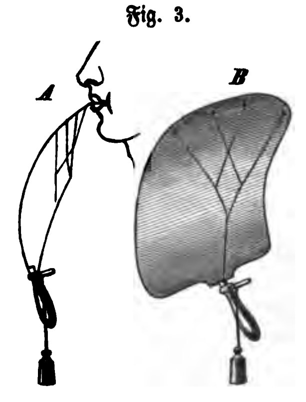
Mit diesem Namen hat R. G. Rhodes in Chicago ein kleines Instrument belegt, welches die Bestimmung hat,

1) Nature XXI, p. 243, 426, 469, 515; XXII, p. 145.

solchen Tauben, deren Gehörnerven unverletzt sind, das Hören zu ermöglichen.

Das Rhodes'sche Audiphon besteht aus einem dünnen, elastischen Hartgummiblatt mit einem Griffe, ungefähr von der Größe und Gestalt eines Palmblattfächers; durch Fäden, die mittels einer Klammer am Handgriffe befestigt sind, wird dieses Blatt bogenförmig gespannt, wie Fig. 3 A und B zeigt. Das Instrument wird beim Gebrauch gegen die obern Vorderzähne gepreßt, so daß die gewölbte Seite nach außen liegt. Durch die Schwingungen der Luft werden auch in dem gespannten Blatte solche erregt, die sich durch die Zähne und die Knochen des Schädels nach dem Gehörnerven fortpflanzen.

Fig. 3.



Da der Preis des Hartgummis etwas hoch ist, so wendet Prof. Colladon in Genf statt dessen elastische Glanzpappe an, wie sie zur Appretur von Seiden- und Wollenwaaren benutzt wird. Ein Blatt dieser Pappe in Form eines gleichschenkligen Dreiecks, dessen Basis etwa 25 Centimeter und dessen Flanken etwa 45 Centimeter Länge haben, wird an der Basis mit der Hand gefaßt und mit der gefirnißten Spitze gegen die Zähne gestemmt, so daß eine der Schallquelle zugekehrte Wölbung entsteht. Die Wirkung soll ganz die gleiche sein, wie bei dem fünfzigmal so theuern Hartgummi-Instrument. Bei den Versuchen, welche Colladon in Verbindung mit Louis Sager an Taubstummen anstellte, zeigte sich, daß alle, welche das Audiphon probirten, mit demselben zu hören vermochten; aber alle, denen dies gelang, gaben dem Colladon'schen den Vorzug vor dem von Rhodes. Sager stellte eine Anzahl Taubstummer mit verbundenen Augen einem Piano gegenüber, versah sie mit Audiphonen und beurtheilte aus der Entfernung, in welcher sie die Töne des Pianos zu hören begannen, den Grad ihrer Taubheit. Sie vermochten mit Be-

stimmtheit höhere und tiefere Töne des Pianos, auch die Töne des letzteren von denen eines Violoncell's zu unterscheiden; die schrillesten Töne einer Geige machten dagegen wenig Eindruck. Aehnliche Erfahrungen hat Colladon auch in einer unter der Leitung von Forestier stehenden Anstalt für Taubstumme in der Nähe von Genf gemacht.

Thomas Fletcher in Warrington hat das Instrument noch weiter verbessert. Zuerst wandte er ein ovales Stück Birkenholzfournier von etwa 30 Centim. Länge und 21 Centim. Breite an, welches mittels Dampf gekrümmt und beim Gebrauch zwischen den Zähnen gehalten wird. Doch reicht auch ein Blatt von halber Größe schon aus, welches so leicht ist, daß man es kaum bemerkt, wenn es mit den Zähnen festgehalten wird. Ein solches Audiphon soll die Klangfarbe besser wiedergeben als das Colladon'sche. Neuerdings hat Fletcher gefunden, daß man mit gleich gutem Erfolg für gewöhnliche Conversation wie für musikalische Zwecke ein Stück steifen Papiers von etwa 28 Centimeter Breite und 38 Centimeter Länge anwendet, dessen Enden man zusammenlegt, so daß eine Hohlung entsteht, und das man dann zwischen die Zähne nimmt.

Graydon's Audiphon besteht aus einem kleinen Elektromikrophon, an dessen Diaphragma eine Schnur von beliebiger Länge angebracht ist; am Ende der letzteren befindet sich ein Stück Holz, welches der Taube zwischen die Zähne nimmt. Wird dann bei gespannter Schnur gegen das Diaphragma gesprochen, so versteht derselbe, vorausgesetzt, daß der Gehörnerv unverletzt ist, das Gesprochene.

Mechanische Wirkungen der Schallwellen.

Prof. K. H. Schellbach in Berlin hat in Verbindung mit einem frühern Schüler, dem Lehrer der Mathematik und Physik E. Böhm, sich damit beschäftigt, eine Anzahl der Versuche, welche von Mach und A. Fischer über Reflexion und Brechung des Schalles angestellt worden sind, in einfacher Weise zu wiederholen und zu vervollständigen.

Mit den Conductoren einer Holtz'schen Elektrisirmaschine waren zwei große Leidener Flaschen verbunden, deren äußere Belege in leitender Verbindung standen. Der Funke sprang

über zwischen Ausladern, die auf Glasfüßen je zwei nach allen Richtungen bewegliche Arme trugen.[1]) Schlugen zwischen den Kugeln der Auslader Funken von 1 Centim. Länge über, so bildeten sich auf einer horizontalen, mit (erst mit Wasser angeriebenem und dann geglühtem) Kohlenstaub bestreuten, 4 Centim. von den Kugeln entfernten Platte, in der Regel von Visitenkartenpapier, concentrische Ringe um die Projection des Funkens auf die Platte als Mittelpunkt; in der Mitte blieb eine leere Stelle von etwa 1 Centim. Halbmesser. Der Abstand der im Allgemeinen kreisförmigen Linien betrug 1/2 bis 1 Centim. Je größer die Schlagweite ist, desto deutlicher sind die Curven und desto weiter erstrecken sie sich. Bei 45 Millim. Schlagweite waren sie noch deutlich als die Platte 20 Centim. vom Funken entfernt war. Diese Erscheinungen, die im Wesentlichen dieselben bleiben, wie auch die Funkenlänge und die Entfernung der Platte sein mögen, und gleichviel ob der Funke zwischen Kugeln oder Spitzen überspringt, sind in ähnlicher Weise schon 1841 von Abria beschrieben worden. Sie werden in der Regel durch 10 bis 20 Funken deutlich hervorgerufen.

Fig. 4.



Zwischen die Kugeln der Auslader wurde ein an beiden Enden mit Kugeln versehener Metallstab eingeschaltet, so daß die Entladung zwei Funken von 11 Millim. Länge erzeugte, deren Abstand 8 Centim. betrug, während die Platte 5 Centim. entfernt war. Unmittelbar um die beiden Punkte, auf welche die Projection der Funken auf die Platte fiel, blieb der Staub ruhig, in einiger Entfernung aber bildeten sich geschlossene Linien (Fig. 4), die sich

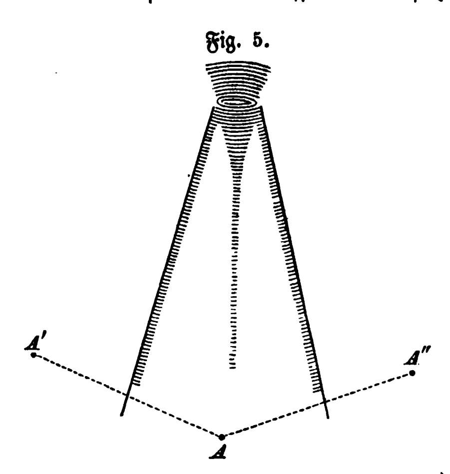
1) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 7, S. 1.

weiter gegen die Linie AB hin abplatteten, dort waren die Linien nicht mehr geschlossen. Je näher sich die beiden Schallquellen rückten, desto mehr verschwand die Mittellinie AB, und bei 24 Millimeter Entfernung bildeten sich einfach um beide Projectionen geschlossene ovale Linien, bei noch kleinerem Abstande aber Kreise.

Zum Studium der Reflexion des Schalles wurde dem Funken gegenüber ein eisernes Lineal aufgestellt und die bestäubte Tafel durch eine passend dazwischen gebrachte Platte gegen die direkten Schallwellen geschützt. Es bildeten sich Curvenbogen, deren Mittelpunkt hinterm Lineal, anscheinend im Spiegelbilde des Funkens lag. Sonach ließ sich erwarten, daß, wenn man die direkten Wellen nicht abhält, eine Störung wie beim gleichzeitigen Auftreten zweier Funken stattfinden würde. In der That erhält man dann auch genau die Hälfte der Fig. 4, längs AB durchschnitten.

Ein complicirteres Beispiel der Reflexion bildet der Fall, daß zwei convergirende Lineale dem Funken gegenüber aufgestellt werden. Man erhält dann die in Fig. 5 schematisch dargestellte Staubfigur, die sich durch die gemeinsame Wirkung der Schallquelle A und ihrer beiden Spiegelbilder A′ und A″ erklärt. Die Wirkung zeigte sich bei 4 Centim. langen Funken noch in 90 Centim. Entfernung; die Natur der Wände — Metall- und Glasplatten, Holztafeln, selbst mehrfach zusammengelegte Tuchstreifen — übte keinen wesentlichen Einfluß. Besonders deutlich ist die Erscheinung, wenn die beiden Wände des so gebildeten Canales parallel sind: die Bewegung pflanzt sich in einem solchen sehr

Fig. 5.



stark fort, und die Curven bilden sich deutlich und zusammenhängend von einer Wand zur andern aus.

Ebenso leiten Röhren den Schall sehr gut. Ließ man vor der Oeffnung eines 3 Centim. weiten, $1^1/_2$ Meter langen Glasrohres Funken von 1 Centim. Länge überspringen, so erzeugte die am andern Ende austretende Schallwelle deutliche kreisförmige Curven um die Mündung als Mittelpunkt. Bei verticaler Stellung des Rohres entstanden concentrische Kreise mit einem kleinen Staubkegel im Mittelpunkte.

In dem einen Brennpunkte einer elliptischen Platte von 42 und 31 Centim. Achsenlänge, die mit einem 5 Centim. hohen Blechrande eingefaßt war, ließ man Funken überschlagen; dann bildeten sich um den andern Brennpunkt geschlossene, aber nicht kreisförmige, sondern zwischen beiden Brennpunkten abgeplattete Curven, im zweiten Brennpunkte entstand eine stärkere Anhäufung von Staub.

Schlugen die Funken am Rande ein, so erhielt man, entsprechend der Erscheinung der sogenannten Flüstergewölbe, rings um die Peripherie kleine, gegen die Wand normale Rippen; an der diametral gegenüber liegenden Stelle aber zeigten sich kleine, auf dem Durchmesser senkrechte und nach dem Rande concave Curvenstücke.

Ferner wurden Versuche über die Reflexion des Schalles von kreisförmigen Wandungen gemacht. Zu dem Zwecke wurde ein Stück Uhrfeder von 27 Millim. Breite, das zu einem Halbkreise von 17 Centim. Durchmesser gebogen war, auf die bestäubte Papierplatte gestellt. Ließ man dann in einer Entfernung von zwei Halbmessern vom Mittelpunkte Funken überschlagen, so ordneten sich die Staubtheilchen so, daß die bekannte Brennlinie des Kreises für Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, erkennbar wurde.

Schon Abria und Mach haben gezeigt, daß bei diesen Erscheinungen die Elektricität nicht als solche wirkt, denn die Figuren werden dieselben, wenn man den Knall durch Blasen von Knallgas oder durch explosive Stoffe erzeugt.

Die Anordnung des Staubes in concentrischen Kreisen entspricht der Fortpflanzung des Schalles in Kugelwellen; doch entsprechen die Linien nicht den Verdichtungsstellen der Welle. Denn dies könnte nur bei stehenden, nicht bei fortschreitenden

Wellen der Fall sein; auch sind die Kreise, in denen ein System gleichweit von einander abstehender Kugelflächen von einer Ebene geschnitten wird, weiter nach Innen immer weiter von einander entfernt, während bei den Staubfiguren das Gegentheil stattfindet; auch ändert sich die gegenseitige Entfernung mit der Beschaffenheit der Platte (auf Glas- und Metallplatten, sowie auf glacirtem Papier sind sie enger als auf Steinpappe oder Glaspapier). Die Figur wird eine andere bei größerer Funkenzahl, Kohlenpulver liefert mehr und feinere Linien als Bärlappsaamen. Augenscheinlich wirkt die vom Funken ausgehende Verdichtungswelle so wie ein Windstoß, der über eine weite Sandfläche hinfährt: sie schiebt den Staub vor sich her, bis sie nicht mehr im Stande ist, ihn zu bewegen, worauf sie über den angehäuften Ring fortschreitet. Derselbe Vorgang wiederholt sich, so lange die Welle noch Intensität genug besitzt.

Die Fig. 4 zeigt auch, daß ein Knall nicht wie ein tönendes Instrument wirkt, sondern nur eine einzige Welle erzeugt. Denn wenn mehrere Wellen auf einander folgten, so müßte man die bekannte Interferenzfigur für zwei Tonquellen erhalten, während zwei Wellen nur einmal interferiren, in der Ebene, welche die Verbindungslinie der Tonquellen senkrecht halbirt. In jedem Punkte, in dem die Wellen zusammentreffen, heben sich die der Verbindungslinie der Centren parallelen Geschwindigkeitscomponenten auf, die dagegen senkrechten aber summiren sich und häufen den Staub zu kleinen, nach außen convexen Curvenstücken auf. Sind die Wellen dann durch einander hindurchgegangen, so kann jede nur noch die von den andern gezeichneten Curven modificiren. Dadurch entstehen die parallelen Streifen längs der Interferenzlinie. Auch erklärt sich hieraus die erwähnte ausgezeichnete Stelle beim Experiment in der Ellipse: vom Funken aus laufen nämlich nach beiden Seiten am Rande der Ellipse Wellen herum, die am andern Ende des Durchmessers zusammentreffen und dort ganz so interferiren, wie wir es bei zwei Wellen gesehen haben. Hält man die eine Welle durch eine Scheidewand, etwa ein Brettchen, ab, so geht die andere Welle ungestört bis zu diesem Brettchen.

Schellbach und Böhm haben auch versucht, die Brechung des Schalles durch Staubfiguren nachzuweisen.[1]) Es wurde

1) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 8, S. 645.

dazu zunächst einer der bekannten käuflichen Luftballons aus Goldschlägerhaut benutzt, den sie mit Kohlensäure füllten. Eine große Anzahl von Versuchen mit diesem und mehreren kugelförmigen Ballons aus Gummi und Collodium zeigte, daß sich die Wirkung der Funkenwellen noch in ziemlich großer Entfernung von der Schallquelle durch einen solchen Ballon in Richtung der Achse fortpflanzt. Eine schwache Wirkung trat auch bei Füllung eines solchen Ballons mit atmosphärischer Luft oder Leuchtgas ein, gar keine, wenn sie Wasserstoff enthielten. Jedoch ließ sich in der Gestalt der Figuren bei Anwendung von Kohlensäure und Luft außer der verschiedenen Stärke kein wesentlicher Unterschied entdecken. Ein Brennpunkt war nicht zu erkennen, und wenn sich bei einigen Versuchen eine einzelne Stelle stärkerer Wirkung zeigte, so fiel dieselbe nicht mit dem berechneten Brennpunkte zusammen. Jedenfalls geräth die elastische Hülle des Ballons in Schwingungen und erzeugt als neue Schallquelle die Figuren im Kohlenstaub, während die Gase durch ihre verschiedene Dichte nur die Stärke, nicht aber die Art der Wirkung beeinflussen.

Bei Versuchen mit Glascylindern, die beiderseits mit Collodiumhäutchen überspannt und mit einem Gase gefüllt waren, wirkte die Reflexion an den innern Wänden störend, so daß die etwa vorhandene Brechung gänzlich verdeckt wurde.

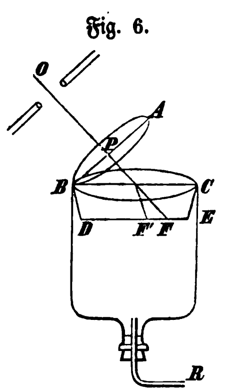
Die Wirkung elastischer Membranen zeigte sich sehr deutlich, als ein flacher Metallring von 8,5 Centim. innerem Durchmesser mit einer Collodiumhaut überspannt wurde und man in einer Entfernung von 8 bis 45 Centim. oberhalb desselben Funken überschlagen ließ, während die bestäubte Platte 6 bis 1 Centim. vom Ringe entfernt war. Es bildeten sich dann deutliche Kreise mit sehr bestimmtem Centrum, ein Beweis dafür, daß die Membran als neue Schallquelle wirkt.

Solche Collodiumhäutchen, die auch sonst zu akustischen Apparaten verwendbar und optisch dadurch interessant sind, daß sie im Natriumlicht Interferenzfiguren zeigen, werden auf folgende Weise hergestellt: Man gießt Collodium in eine Glasschale, benetzt durch excentrisches Drehen die Seitenfläche und gießt es dann durch rasches Umdrehen der Schale aus. Ist nun das Collodium nach allen Seiten gleichmäßig hinabgeflossen, so verhindert man weiteres Abtropfen durch den Luft-

strom eines Gebläses, der die Verdunstung des Aetheralkohols beschleunigt. Nach Erstarrung des Collodiums nimmt man das Häutchen aus der Schale, läßt es an der Luft ein wenig, aber nicht völlig trocknen, spannt es dann über die zu bedeckende Oeffnung, wobei man zunächst durch gelindes Blasen der Fläche eine concave Krümmung giebt, und klebt es an den vorher mit Gummi arabicum bestrichenen Rändern fest. Beim Austrocknen wird das Häutchen spiegelglatt; sollte das nicht vollständig der Fall sein, weil dasselbe vorm Aufspannen zu stark ausgetrocknet war, so feuchte man es durch Bespritzen mit Alkoholäther mittels eines Refraichisseurs an, worauf beim Trocknen die Falten verschwinden werden.

Mit einem solchen Häutchen wurde folgender Versuch angestellt: In eine Glasglocke von 12 Centim. Durchmesser, Fig. 6, wurde eine bestäubte Papierplatte DE eingesenkt; über der oben befindlichen Oeffnung war der Ring mit dem Collodiumhäutchen in der Lage AB angebracht, so daß Winkel ABC etwa 33° betrug. Bei O, in einer Entfernung OP = 13 Centim. schlugen elektrische Funken über. War nun die Glocke mit atmosphärischer Luft gefüllt, so bildeten sich nach einigen Entladungen auf der Platte DE concentrische Curven, deren Mittelpunkt F in der Verlängerung der Linie OP lag. Füllte man dagegen die Glocke durch das Rohr R mit Kohlensäure, die man beständig langsam nachströmen ließ, um die Glocke gefüllt zu erhalten, so rückte das Centrum der Curven nach F', und bei Annahme von 5/4 für den Werth des Brechungsexponenten aus Luft in Kohlensäure stimmte die beobachtete Verschiebung ziemlich gut mit der Rechnung überein.

Fig. 6.



Aehnliche Versuche wurden auch mit Wasserstoff angestellt. Ein 20 Centim. hoher und 6 Centim. weiter, oben durch eine Collodiumhaut geschlossener Glascylinder wurde gegen die Verticale geneigt aufgestellt. Oberhalb der Membran ließ man an einer in der Verlängerung der Cylinderachse liegenden Stelle Funken überschlagen, unter dem offenen unteren Ende war

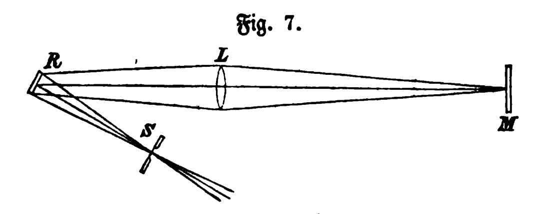
horizontal die bestäubte Platte angebracht. Bei Füllung mit Luft entstanden dann Curven, deren nicht sehr bestimmtes Centrum in Richtung der Achse lag; füllte man aber den obern Theil des Cylinders durch ein nahe dem obern Rande angebrachtes Rohr mit Wasserstoff, so rückten die Curven sichtlich nach dem Einfallslothe hin. In diesem Falle bildet sich im Cylinder eine horizontale Trennungsfläche zwischen Wasserstoff und Luft, die man durch den Rauch eines Räucherkerzchens sichtbar machen kann, der im Wasserstoff nicht aufsteigt und sich daher an der Trennungsfläche ablagert.

Optik.

Neue Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit.

Bereits im astronomischen Theile dies. Jahrg., S. 13, ist der neuen, in letzterer Zeit von Albert A. Michelson von der Naval Academy in Annapolis, Maryland, ausgeführten Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit gedacht worden; es soll nun hier eine kurze Beschreibung des angewandten Verfahrens gegeben werden, das als eine Verbesserung der Methode zu bezeichnen ist, welche der französische Akademiker Foucault im Jahre 1862 zu dem gleichen Zwecke benutzt hat.[1])

Fig. 7.



In Fig. 7 ist S ein Spalt, durch welchen Licht auf einen ebenen Spiegel R fällt, welcher sich um eine Achse drehen läßt, die auf der Ebene des Papiers senkrecht gedacht werden soll. Von diesem wird das Licht weiter auf eine Linse L von großer Brennweite geworfen, die auf dem festen ebenen Spiegel M,

1) Vgl. eine kurze vorläufige Notiz in Nature XVIII, p. 195; ausführliche Beschreibung mit Abbild. Nature, p. 94 u. 120.

der senkrecht auf der Geraden RM steht, ein Bild des Spaltes erzeugt. Steht der Spiegel R still, so wird das Bild auf M, als Object wirkend, seinerseits Strahlen durch L auf R senden, die dann reflectirt werden und ein Bild geben, welches genau mit dem Spalt S zusammenfällt. Ganz dasselbe findet auch statt, wenn der Spiegel R langsam rotirt, obgleich sich alsdann das Bild auf M, der Rotation von R entsprechend, allmählich verschiebt.

Dieses Resultat, nämlich die Entstehung eines stationären Bildes von einem in Bewegung begriffenen Bilde, bezeichnet Michelson als absolut nothwendig bei dieser Methode zu experimentiren. Foucault bediente sich, um dasselbe zu erreichen, einer von der Michelson'schen nur wenig abweichenden Anordnung; sein Spiegel M war nämlich ein Hohlspiegel, dessen Mittelpunkt in die Achse von R fiel, und die Linse L stand möglichst dicht bei R. Bei dieser Anordnung werden die von R reflectirten Strahlen auch bei größerer Drehung des Spiegels R noch die Linse treffen, und das Bild auf M wird eine Verschiebung von bedeutender Größe erfahren, sofern RM einigermaßen groß ist. Es wird dann nothwendig, dem Spiegel M eine unbequeme Größe zu geben. Foucault suchte das dadurch zu vermeiden, daß er statt eines einzigen fünf Hohlspiegel anwandte; aber auch so konnte er mit keiner größeren Entfernung als 20 Meter arbeiten.

Ist in unserer Fig. 7 R innerhalb der Hauptbrennweite der Linse L und hat der ebene Spiegel M denselben Durchmesser wie die Linse, so wird das erste oder bewegliche Bild auf M fallen, so lange als die Achse des von R kommenden Lichtbündels noch auf die Linse fällt, und dies ist *bei jeder Entfernung* des Spiegels M der Fall.

Wenn aber die Rotation des Spiegels R gehörig schnell erfolgt, so werden die durch kurze Zwischenzeiten getrennten Lichtblitze, welche das zweite oder feste Bild geben, nicht mehr getrennt wahrgenommen, sondern man erblickt ein continuirliches Bild, das aber nicht mehr mit dem Spalt S zusammenfällt, sondern abgelenkt ist in Richtung der Rotation des Spiegels um ein Stück, welches dem Doppelten des Winkels entspricht, um welchen sich der Spiegel gedreht hat, während das Licht von R nach M und wieder zurück von M nach R gegangen ist.

Um nun diese Ablenkung möglichst groß zu machen, muß

man den Abstand zwischen beiden Spiegeln, die Entfernung zwischen dem Spalt S und dem rotirenden Spiegel und die Geschwindigkeit des letzteren möglichst groß nehmen. Bei Michelson's Versuchen betrug die Entfernung der beiden Spiegel nahe an 2000 Fuß = 600 Meter; die Linse hatte 150 Fuß = 45 Meter Brennweite, und der Spiegel R stand etwa 30 Fuß = 9 Meter vom Spalt entfernt; die Zahl der Umdrehungen betrug ungefähr 256 in der Secunde. Auf diese Weise wurden Ablenkungen des zweiten Bildes von mehr als 133 Millimeter beobachtet, d. h. ungefähr 200 mal so groß, wie sie Foucault erhielt. Die Genauigkeit der Bestimmung dieser Ablenkung giebt Michelson zu $1/300$ bis $1/400$ Millimeter bei jeder einzelnen Messung an.

Die Strecke, auf welcher die Experimente angestellt wurden, ist längs der nördlichen Seemauer der Naval Academy von Annapolis gelegen. Am westlichen Ende derselben war ein etwa 14 Meter langes und über 4 Meter breites Gebäude aufgeführt. Der Fußboden des darin befindlichen Beobachtungsraumes lag so hoch, daß die zur Verwendung kommenden Lichtstrahlen sich etwa 3,5 Meter über dem Erdboden bewegten. Ein außen angebrachter Heliostat warf das Licht durch eine Oeffnung in den dunkeln, mit geschwärzten Wänden versehenen Beobachtungsraum auf einen dort fest aufgestellten Spiegel, welcher dasselbe nach dem Spalt reflectirte, von welchem aus es dann nach dem rotirenden Spiegel gelangte. Dieser, von Alvan Clark geliefert, bestand aus einer etwa $1/2$ Centim. dicken, auf der spiegelnden Seite versilberten kreisförmigen Glasscheibe von $3\,1/6$ Centim. Durchmesser, die an einer verticalen Achse befestigt war. An letzterer war oberhalb des Spiegels eine kleine Turbine angebracht, welche durch Luft in Bewegung gesetzt wurde, die ein im untern Raume des Gebäudes aufgestelltes, durch eine Lovegrove'sche Maschine von 3 Pferdestärken getriebenes Roots'sches Gebläse lieferte. Der Zutritt der Luft und damit die Geschwindigkeit der Drehung des Spiegels wurde auf die weiter unten noch näher zu beschreibende Weise mittels eines Ventiles regulirt. Der Spiegel war, um ihm einen festen Stand zu geben, mit seinem von Fauth und Comp. in Washington gelieferten Rahmen auf einem aus Ziegeln gemauerten Pfeiler aufgestellt.

Von diesem Spiegel wurde nun, wie bereits erwähnt, das Licht durch einen Spalt in einem gegenüberliegenden Laden des Beobachtungsraumes ins Freie nach der Linse L geworfen. Dieselbe war ebenfalls von Alvan Clark, nicht achromatisch, hatte 20 Centim. Durchmesser und 45 Meter Brennweite. Sie war in einem Holzrahmen aufgestellt, der auf einem Support ruhte, welcher sich auf einer etwa 5 Meter langen Bahn verschieben ließ, die in 24 Meter Entfernung vom Gebäude angebracht war.

Der feste Planspiegel M war einer von den zur Photographirung des Venusdurchgangs benutzten. Er hatte etwa 10 Centim. Durchmesser, war auf der Vorderseite versilbert und in einem Metallrahmen befestigt, der durch Schrauben in horizontaler und verticaler Richtung regulirt werden konnte. Zur leichtern Regulirung war ein kleines Fernrohr mit Fadenkreuz mit dem Spiegel verbunden. Die Einstellung des Spiegels erfolgte mit Hilfe eines Theodoliten, den man in etwa 30 Meter Abstand vor dem Spiegel aufgestellt hatte; der letztere wurde dann soweit gedreht, bis der Beobachter an dem Theodoliten das Spiegelbild seines Objectivglases im Centrum des Spiegels erblickte. Alsdann wurde das Fernrohr am Spiegel auf eine auf einem Stück Kartenpapier am Theodoliten befindliche Marke gerichtet; wenn diese im Fadenkreuz sichtbar war, so stand die Achse des Fernrohrs senkrecht auf der Ebene des Spiegels. Die Richtigkeit dieser Einstellung wurde dann bei einem Abstande des Theodoliten von 300 Meter geprüft. Hierauf ward der Spiegel soweit gedreht, daß der Spalt im Laden des Gebäudes, der dem rotirenden Spiegel gegenüber lag, im Fernrohre erschien. Zur Prüfung und, wenn nöthig, Berichtigung der Stellung des Spiegels wurde der Spiegel auch vom Innern des Beobachtungsraumes aus durch den Spalt mit einem Fernrohr beobachtet; bei richtiger Stellung mußte das Bild des Glases im Centrum des Spiegels erscheinen.

Der Rahmen des Spiegels M war auf einem Ziegelpfeiler aufgestellt und dieser durch ein Gehäuse gegen die Sonne geschützt; dessen ungeachtet änderte der Spiegel im Laufe des Tages seine Lage und mußte deshalb vor jeder Beobachtungsreihe wieder justirt werden.

Die genaue Entfernung des festen von dem rotirenden Spiegel betrug 1986,23 Fuß engl. = 605,204 Meter.

Wie bereits in der allgemeinen Auseinandersetzung der Methode erwähnt, entsteht bei hinlänglich rascher Rotation des Spiegels neben dem Spalt, durch welchen das Licht vor der Reflexion geht, ein Bild, dessen Abstand vom Spalt zu messen ist. Der zu dieser Messung dienende Apparat von Grunow in New-York bestand aus einer Schraube mit getheiltem Kreise, durch welche eine achromatische Linse längs einer Scala bewegt wurde; im Brennpunkt der Linse war ein einzelner verticaler Seidenfaden angebracht. Die Schraube wurde zunächst soweit bewegt, daß der Faden den Spalt halbirte und dann an der Scala und dem getheilten Kreise die Ablesung gemacht, die nun für die ganze Beobachtungsreihe galt. Hierauf wurde der Faden auf die Mitte des Bildes eingestellt und wieder abgelesen. Der Unterschied beider Ablesungen gab die Verschiebung des Bildes.

Zur Regulirung und Messung der Geschwindigkeit der Rotation des Spiegels R wurde eine Stimmgabel benutzt, die durch einen elektrischen Strom in Schwingungen erhalten wurde und auf einer ihrer Zinken einen kleinen Stahlspiegel trug. Die Gabel wurde so aufgestellt, daß das Licht von dem rotirenden Spiegel nach einem dicht an der Linse des Messungsapparates aufgestellten und gegen deren Achse unter 45° geneigten Planglase reflectirt wurde, von dem aus es ins Auge gelangte. Wenn beide, Stimmgabel und rotirender Spiegel, in Ruhe waren, erblickte man ein Bild des Spiegels. Beim Vibriren der Gabel wurde dies Bild in einen Lichtstreifen verlängert. Begann der Spiegel zu rotiren, so wurde der Streifen in eine Anzahl beweglicher Bilder des Spiegels verwandelt; als aber der Spiegel ebensoviele Rotationen in der Secunde machte, als die Gabel Schwingungen, gingen diese Bilder in ein einziges feststehendes über. Dasselbe war auch der Fall, als die Zahl der Rotationen $1/2$, $1/3$ ꝛc. der Schwingungszahl der Gabel war. Bei der doppelten, 3- oder 4fachen Zahl der Rotationen, verglichen mit der Schwingungszahl der Gabel, entstanden mehrere feste Bilder.

Um also den Spiegel auf eine genau bestimmte Anzahl Rotationen zu bringen, hatte man nur den Luftzutritt zu der Turbine so zu reguliren, daß das Bild des Spiegels stationär wurde. Die Stimmgabel machte 128 Schwingungen und wurde

bei jeder Beobachtungsreihe mit einer Normal-Gabel verglichen, indem man 60 Secunden lang die Stöße zählte. Es stellte sich dabei heraus, daß die Schwingungszahl der elektrischen Gabel, so lange die Temperatur dieselbe blieb, nur um 2 bis 3 Hundertel-Schwingungen in der Secunde variirte. Die Schwingungszahl der Normalgabel wurde dadurch bestimmt, daß man sie ihre Schwingungen auf den berußten Cylinder eines Chronoskops aufzeichnen ließ.

Die Beobachtungen wurden theils früh, in der ersten Stunde nach Sonnenaufgang, theils abends in der letzten Stunde vor Sonnenuntergang angestellt; zu andern Zeiten erhielt man nur unbestimmte und wallende Bilder. In der Regel wurden sowohl früh als abends 5 Beobachtungsreihen, jede mit 10 Messungen der Ablenkung des zweiten Bildes gemacht.

Als Endresultat fand Michelson für die Geschwindigkeit des Lichts im luftleeren Raume

299 944 ± 50 Kilometer.

Photometrie.

Eine Abänderung des Bunsen'schen Fettfleck-Photometers hat Prof. A. Töpler in Dresden beschrieben.[1]) Bei diesem wird bekanntlich eine weiße, mit einem Fettfleck versehene Papierfläche von beiden Seiten beleuchtet, und die Intensität beider Lichtquellen wird als gleich groß betrachtet, wenn der Fleck aufhört sichtbar zu sein. Dabei ist nun das Fettfleckpräparat von Wichtigkeit. Stark durchscheinende Stearinflecken, wie man sie auf nicht zu starkem Papier erhält, gestatten allerdings eine sehr genaue Einstellung, haben aber den Uebelstand, daß das Verschwinden des Fleckes nicht nur von den Abständen der Lichtquellen, sondern auch von der Stellung des Beobachters oder von dem Winkel abhängt, den die Sehrichtung mit der Papierebene bildet. Deshalb ist auch die Unveränderlichkeit der Sehrichtung bei dem Bunsen'schen Photometer durch eine mit dem Papierschirme fest verbundene Schauöffnung gewahrt. Bei dickerem Papier erhält man allerdings leicht Fettflecke, bei denen das Verschwinden von der

1) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 8, S. 640.

Winkelstellung des Auges ganz unabhängig ist; aber dabei leidet die Empfindlichkeit.

Töpler wendet deshalb seit einiger Zeit eine Vorrichtung an, bei welcher der transparente Fleck durch Verminderung der Papierdicke hervorgebracht wird: zwischen zwei möglichst dünne, gleichmäßig durchscheinende Blätter von Pergamentpapier (ungeleimtes, durch Eintauchen in verdünnte Schwefelsäure durchscheinend gemachtes Papier) wird ein gleich großes Blatt mäßig starken, gewöhnlichen Papieres, welches in der Mitte eine glatt ausgeschnittene kreisförmige Oeffnung von 20 bis 25 Millim. Durchmesser besitzt, gebracht. Die drei Blätter werden dicht über einander auf einem Rahmen straff ausgespannt oder zwischen ebenen, farblosen Glasplatten eingeschlossen. Der scharf begrenzte Fleck sieht einem gut präparirten Stearinfleck täuschend ähnlich. Wird eine solche Vorrichtung zwischen zwei Lichtquellen hin und her gerückt, bis der Fleck verschwunden ist, so ändert sich das Aussehen des Schirmes kaum mehr bei veränderter Sehrichtung. Ganz unsichtbar wird allerdings der Fleck nicht, er erscheint vielmehr in der Uebergangsstellung im Vergleich zu seiner Umgebung schwach bläulich gefärbt; doch hindert dies nicht die Genauigkeit der Einstellung.

Töpler macht noch darauf aufmerksam, daß die Einstellung mit beiden Augen ein wenig genauer zu sein scheine als die mit blos einem Auge.

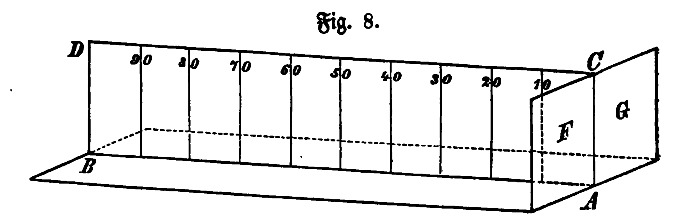
Ein leicht herstellbares Demonstrationsphotometer, um einem größeren Auditorium das photometrische Grundgesetz der umgekehrt mit dem Quadrate der Entfernung sich ändernden Lichtstärke experimentell nachzuweisen, hat Dr. Leonhard Weber in Kiel beschrieben.[1])

Auf einer Unterlage von etwa 1 Meter Länge und 25 Centim. Breite, die aus Pappe, Holz, Blech sein kann, erhebt sich längs der Mittellinien eine möglichst dünne rechtwinklige Wand CD von 15 Centim. Höhe, die beiderseits eine von C beginnende, weithin sichtbare Theilung, etwa von Centim. zu Centim., trägt. Beide fest mit einander verbundene Stücke finden bei A und C Halt und Abschluß durch einen 25 Centim. breiten und 15 Centim. hohen, aus Holz oder Draht herge-

1) Central-Zeitung für Optik und Mechanik. 1880. Nr. 1, S. 8.

stellten Rahmen FG, über den ein Bogen recht gleichmäßig durchscheinenden Papiers gespannt ist. Stellt man auf jede Seite der Wand CD eine Lichtquelle, so sieht ein Beobachter, der vor dem Rahmen FG steht, die beiden Hälften F und G des Papiers durch eine feine Schattenlinie getrennt, und es ist leicht möglich, die geringsten Unterschiede in der Beleuchtung der beiden Hälften zu unterscheiden. Setzt man nun z. B. auf die eine Seite von CD ein brennendes Wachslicht in die Entfernung von 30 Centim. vom Schirme FG, so wird

Fig. 8.



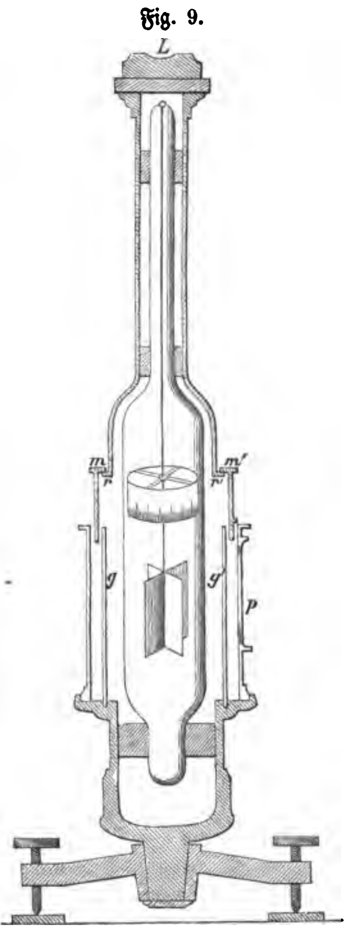
man finden, daß 3 gleiche Lichter in der Entfernung von 90 Centim. die andere Hälfte ebenso stark beleuchten.

Zöllner's Scalen-Photometer.[1]) Dasselbe bildet die praktische Verwirklichung einer zuerst von Crookes ausgesprochenen Idee, es wird nämlich die radiometrische Bewegung zur Messung der Lichtintensität benutzt. Crookes hat die Richtigkeit dieses Princips an einer Art Differential-Photometer geprüft, das in der Hauptsache aus einem rechteckigen Stück Hollundermark bestand, welches in einem evacuirten Glasgefäß an einem langen Coconfaden aufgehängt war. Auf den entgegengesetzten Seiten dieses Hollundermarkstückes war dieselbe Hälfte geschwärzt, so daß die Strahlen zweier Kerzen, deren Verbindungslinie senkrecht zur Verticalebene des Hollundermarkstückes stand, letzteres nach entgegengesetzten Richtungen zu drehen suchten. Mittels eines kleinen am Hollundermarkstück angebrachten Spiegels wurde das Reflexbild eines passend aufgestellten Spiegels auf eine außerhalb des Apparates aufgestellte Scala geworfen und so die erzeugte Ablenkung ge-

1) Zöllner, das Scalen-Photometer, ein neues Instrument zur mechanischen Messung des Lichtes, nebst Beiträgen zur Geschichte und Theorie der mechanischen Photometrie. Leipzig 1879.

messen. Crookes giebt an, daß dieses Instrument durch die Strahlen einer Kerze schon in einer Entfernung von 36 engl. Fuß (11 Meter) deutlich afficirt wurde, und die von ihm bei vorläufigen Versuchen mit einer Kerze erhaltenen numerischen Resultate zeigen eine gute Uebereinstimmung mit den theoretisch nach dem Gesetz des umgekehrten Quadrates der Entfernung berechneten Werthen.

Fig. 9.



Das Instrument, welches Prof. F. Zöllner nach diesem Principe construirt hat, ist in Fig. 9 im Durchschnitt dargestellt. In einem Glasgefäß befindet sich an einem für die Sicherheit des Transportes hinlänglich starken Coconfaden das aus vier Flügeln bestehende Radiometerkreuz. Bei Anfertigung desselben war besonderes Augenmerk darauf gerichtet worden, daß bei schnellen Temperaturerhöhungen des Instrumentes keine regressiven Bewegungen eintreten. Diese beruhen auf zweierlei Ursachen. Erstens geben dazu Verschiedenheiten in der Form der beiden Seiten der Flügel oder ihrer Neigung gegen die Drehachse Anlaß; dann aber können diese regressiven Bewegungen auch herrühren von der Verschiedenheit des Absorptions- und Reflexionsvermögens für Wärmestrahlen auf den beiden

Seiten von ebenen und parallel der Drehungsachse befestigten Radiometerflügeln. Letzteres ist z. B. der Fall bei blanken Aluminiumflächen, welche einseitig mit durchsichtigen Glimmerblättchen belegt sind. Zur Vermeidung solcher regressiver Bewegungen hat es nun Zöllner am zweckmäßigsten gefunden, das Radiometerkreuz aus Glimmer zu construiren, dessen Flächen einseitig mit Ruß überzogen sind. Ein solches Kreuz dreht sich sowohl unter dem Einflusse leuchtender als auch dunkler Wärmestrahlen stets nach derselben Richtung. Plötzliche und große Temperaturschwankungen des Beobachtungsraumes können leicht vermieden werden, da das Instrument an einem ruhigen, vor starken Erschütterungen geschützten Orte aufzustellen ist, um die Scala zur Ruhe kommen zu lassen. Letztere besteht aus einem kreisförmigen Papiercylinder, dessen Umfang in 100 Theile getheilt ist. Der Index befindet sich vor einer Oeffnung des mittleren Theiles der cylindrischen beweglichen Messingkapsel, die das Glasgefäß umschließt. Der Rand mm′ dieses Stückes wird von dem vorspringenden Rande rr′ des oberen Messingstückes getragen und läßt sich leicht auf demselben drehen. Die Beweglichkeit des Index ist für die Correction des Nullpunktes erforderlich, weil der Nullpunkt der Scala erst nach längerem Stehen eine hinlänglich constante Lage einnimmt, wie dies bei allen auf das Princip der Coulomb'schen Drehwage basirten Instrumenten der Fall ist. Weiter bedeutet in der Figur gg′ den Durchschnitt eines starkwandigen, auf beiden Seiten matt geschliffenen Glascylinders, der theils zur Zerstreuung des Lichtes, theils zur Absporption dunkler Wärmestrahlen dient. Derselbe wird vom untern Theile der Kapsel umschlossen, einem Messingcylinder, welcher seitlich, in der Höhe des Radiometerkreuzes, eine durch einen Deckel leicht verschließbare, kreisförmige Oeffnung p besitzt, die mit einer Platte von mattem oder Milch-Glas verschlossen ist. Alle diese Theile ruhen frei beweglich auf der metallenen Basis des Instrumentes und lassen sich nach oben leicht abheben. Am Kopfe, bei L, trägt das Photometer eine Dosenlibelle.

Dem Torsionsgesetz zufolge wächst die Zahl der Scalentheile, um welche das Radiometer sich dreht, proportional der Lichtintensität; doch gilt dies Gesetz nicht mehr, wenn mehrere Umdrehungen unter dem Einflusse des directen Sonnenlichtes

erfolgen. Es ist deshalb durchaus nothwendig, das Instrument, wenn es nicht benutzt wird, mit verschlossener Oeffnung stehen zu lassen.

Ferner ist es erforderlich, für eine möglichst allseitige und gleichmäßige Beleuchtung Sorge zu tragen. Bei der photometrischen Messung von Flammen wird man dies am leichtesten durch gleichzeitige Beleuchtung von 4 Seiten durch 4 Flammen erreichen, deren Verbindungslinien sich im Mittelpunkte des Instrumentes unter rechten Winkeln kreuzen. Bei Messungen des zerstreuten Tageslichtes, welche namentlich für Photographen von Wichtigkeit sind, kann der äußere Messingcylinder durch einen inwendig versilberten conischen Reflector ersetzt werden, dessen Oeffnung nach oben gekehrt ist. Giebt man dem Instrumente an einem nicht der Sonne zugänglichen Orte seine dauernde Aufstellung, womöglich im Freien unterm Schutz einer darüber gestürzten Glasglocke, so kann dasselbe dem Photographen sehr nützliche Dienste leisten zur Bestimmung der Expositionszeit, wie durch einige im Atelier von A. Naumann in Leipzig angestellte Versuche dargethan worden ist.

Da wahrscheinlich die Temperatur von Einfluß auf die Empfindlichkeit des Scalen-Photometers ist, wenn derselbe auch für die in bewohnten Räumen vorkommenden Temperaturschwankungen zu vernachlässigen sein mag, so ist auch ein Thermometer an dem Instrumente angebracht.

Solche Scalen-Photometer sind von dem Glaskünstler Robert Götze (Leipzig, Albertstr. 22), einem Schüler des Dr. Geißler in Bonn, sowie auch vom Mechanicus Karl Krille (Leipzig, Schulgasse 4) zum Preise von 120 Mark zu beziehen.

Auf die Benutzung des Auges als eines automatischen Photometers hat kürzlich William Ackroyd in der Londoner Physical Society aufmerksam gemacht.[1]) Wird ein Lichtfleck aus einiger Entfernung betrachtet, so scheint er nach allen Seiten mit Strahlen umgeben. Diese sind von verschiedener Länge, und zwar kürzer im ersten und zweiten Quadranten, der Nase und dem blinden Fleck zunächst, länger im dritten und vierten Quadranten. Sie verdanken nach

1) Nature, XXI, p. 627.

Ackroyd ihre Entstehung theils der strahligen Structur der Krystallinse, theils der Thränenflüssigkeit auf der Oberfläche der Hornhaut. Die Iris dehnt sich nun aus und zieht sich zusammen bei Lichtreizen unabhängig vom Willen; da sie aber zwischen den Sitzen der unregelmäßigen Refraction liegt, so wird jede Aenderung in der Größe der Pupillenöffnung sich durch eine Veränderung in der Länge der größeren Strahlen eines Lichtfleckes oder Punktes kundgeben. Auf diesen Umstand gründet sich die Anwendung des Auges als Photometer. Bei verschiedenen Personen ist die Empfindlichkeit der Iris verschieden; Ackroyd z. B. giebt an, daß eine Wallrathkerze, welche stündlich 120 Grains verbrennt, in 14 Yard (12,9 Meter) Entfernung eine deutliche Bewegung seiner Iris erzeugt. Er nimmt nun an, daß, wenn das Licht, welches von einer Quelle A ins Auge fällt, eine Bewegung der Iris in der Entfernung d zu erzeugen vermag, und das Licht von einer Quelle B dieselbe Bewegung in der Entfernung d′ erzeugt, die relativen Lichtintensitäten den Quadraten dieser Entfernungen proportional sind. Bei der Ausführung des Verfahrens steht der Beobachter im Finstern, und ein künstlicher Lichtpunkt ist in einiger Entfernung in Augenhöhe angebracht; darunter befindet sich das zu prüfende Licht. Während nun der Beobachter den Lichtfleck beständig fixirt, wird das andere Licht intermittirend verdeckt, und der Beobachter hat nun eine Entfernung zu suchen, in welcher das Sichtbarwerden des zweiten Lichtes seine Iris nicht mehr afficirt, d. h. keine merkliche Verkürzung der Strahlen des Lichtfleckes eintritt. Dann nähert sich der Beobachter langsam, bis er in eine Entfernung d kommt, in welcher das Sichtbarwerden des zweiten Lichtes eine Wirkung auf die Iris ausübt. Nun wird mit einem dritten Lichte, das man an die Stelle des zweiten bringt, dieselbe Beobachtung vorgenommen und die Entfernung d′ erhalten. Aus d und d′ berechnet man dann nach dem angegebenen Princip das Verhältniß der Lichtintensitäten. Ackroyd giebt an, daß die Resultate gut übereinstimmen mit den durch das Rumford'sche Photometer erhaltenen, daß man aber die ersten Beobachtungen als zu ungenau wegzulassen hat. Die Beobachtungen werden übrigens mit beiden Augen angestellt.

Zur Vergleichung sehr intensiver Lichtquellen, z. B. elek-

trischen Lichtes, ist natürlich das Verfahren direct nicht geeignet.

Lichteinheit. Bei Gelegenheit der Beschreibung seines Scalen-Photometers hat Zöllner auch einen Vorschlag zur Herstellung einer elektrischen Lichteinheit in Erinnerung gebracht, den er bereits vor zwei Jahrzehnten in seiner Inaugural-Dissertation „Photometrische Untersuchungen insbesondere über die Lichtentwicklung galvanisch-glühender Metalldrähte“ (Basel 1859) gemacht hat. Er will nämlich als Lichteinheit das Licht eines durch einen elektrischen Strom von bestimmter Stärke glühend gemachten Platindrahtes von gegebener Länge und Dicke benutzen. Mit einem ganz ähnlichen Vorschlag ist auch neuerdings ein auf dem Gebiete der praktischen Anwendungen der Elektricität sehr bewanderter Techniker, der Oberelektriker der indischen Regierung in Calcutta, Louis Schwendler, aufgetreten.[1]) Derselbe will ein U förmiges Stück dünner Platinfolie von ungefähr 20 Millim. Gesammtlänge und 3 Millim. Breite jedes Schenkels, dessen Enden in Metallklemmen sitzen, durch einen Strom erhitzen, dessen Intensität durch ein eingeschaltetes Galvanometer gemessen wird.

Der Verfasser einer Besprechung in der englischen Zeitschrift „Nature“ (Ackroyd?) macht dabei aufmerksam darauf, daß für viele Lichtmessungen die Kleinheit dieser Lichteinheit, die nur etwa 0,7 der englischen Normalkerze beträgt, ein Uebelstand sei; man müsse dann Lichtquellen, wie eine elektro-dynamische Maschine, die ein Licht von 50000 Kerzen producirt, beim Vergleich mit der Einheit in allzugroße Entfernungen bringen. Andererseits erscheine die Lichtquelle zu ausgebreitet, und beispielsweise bei manchen spectroskopischen Lichtvergleichungen würde nur von einem kleinen Theile des glühenden Platins Licht auf den Spalt des Spectroskopes fallen. Es würde dann die Frage entstehen, welcher Theil des Folie eigentlich das Normallicht ausstrahlt; die Temperatur würde an verschiedenen Stellen der Folie verschieden sein, in der Mitte der Schenkel des U wahrscheinlich ein wenig höher als an den

1) On a new standard of light. Journal of the Society of Bengal. Vol. XLVIII, part II, 1879, besprochen in Nature XXI, p. 158, von W. A.

Rändern. Der Autor giebt an, daß er vor Jahren Versuche in dieser Richtung angestellt, daß ihn aber der erwähnte Umstand von der Annahme einer Platinlichteinheit zurückgebracht habe.

Lichtbrechung.

Zur Ermittelung des Lichtbrechungs-Verhältnisses fester Körper durch Totalreflexion hat F. Kohlrausch ein Verfahren angegeben[1]), welches als eine Verschmelzung der ursprünglichen Methode von Wollaston mit der neuerdings von E. Wiedemann (dieses Jahrb. XIII, S. 116) gegebenen angesehen werden kann. Nothwendig für die Anwendbarkeit dieser Methode ist eine Flüssigkeit, welche stärker bricht als der zu untersuchende Körper; Kohlrausch wendet Schwefelkohlenstoff an, welcher zu den stärkest lichtbrechenden Flüssigkeiten gehört und eine große optische Unveränderlichkeit mit den schätzenswerthen Eigenschaften der Reinlichkeit und der chemischen Neutralität gegen die meisten Substanzen verbindet.

Kohlrausch bedient sich bei seinem Verfahren eines kleinen Instrumentes, eines Totalreflectometers, bestehend aus einem weithalsigen Fläschchen mit einseitigem, durch ein Planglas verkittetem Anschliff und aus einem auf diesem Fläschchen befestigten Theilkreise. Der mit einer Alhidade im Centrum des Theilkreises drehbare Zapfen trägt unten einen in die Flasche ragenden Fortsatz, an welchem der zu untersuchende Körper so angebracht wird, daß seine spiegelnde Fläche durch die Drehungsachse geht. Auf diese Fläche wird nun durch das Planglas ein kleines auf unendliche Entfernung eingestelltes Fernrohr mit Fadenkreuz gerichtet; statt dessen kann man auch eine Marke benutzen, deren Bild durch eine vorgesetzte kleine Linse in große Ferne gerückt ist. Durch Seidenpapier, welches das Fläschchen mit Ausnahme des Planglases umgiebt und welches von einer Natrium-, Lithium- oder Thalliumflamme beleuchtet wird, wird auf der spiegelnden Fläche eine diffuse Beleuchtung erzeugt; den Hintergrund des Fläschchens verdunkelt man.

---

1) Dingler's Polytechn. Journal, Bd. 228, S. 425, aus den Verh. der physikalisch-mathematischen Gesellschaft in Würzburg.

Bei einer gewissen schrägen Stellung der spiegelnden Fläche sieht man nun die Grenzlinie der totalen Reflexion des Lichtes zwischen dem Schwefelkohlenstoff und dem schwächer brechenden Körper vollkommen scharf hervortreten. Man stellt die Alhidade, bis diese Grenzlinie mit dem Fadenkreuz oder der Marke zusammenfällt und liest die Stellung am Theilkreise ab. Nun dreht man die spiegelnde Fläche nach der andern Seite und stellt ebenso ein. Die Hälfte des Winkels, um welchen man gedreht hat, ist der Winkel der totalen Reflexion; sein Sinus multiplicirt mit dem Brechungsindex des Schwefelkohlenstoffes liefert das gesuchte Brechungsverhältniß des Körpers.

Besondere Vortheile bietet das Verfahren bei Krystallen. Für das Brechungsvermögen isotroper und für die beiden Hauptbrechungsverhältnisse optisch zweiachsiger Substanzen genügt eine einzige Fläche; bei zweiachsigen Krystallen muß ein Schliff in einem Hauptschnitte hergestellt werden, um die drei Brechungsverhältnisse zu bestimmen.

Spectroskopische Arbeiten.

Ueber das Spectrum des Sauerstoffs hat Prof. Paalzow in Berlin der dortigen Akademie am 31. October 1878 eine eingehende Untersuchung vorgelegt, der zufolge dieses Spectrum hauptsächlich aus fünf Linien

$O_\alpha \quad O_\beta \quad O_\gamma \quad O_\delta \quad O_\varepsilon$

mit den Wellenlängen von

602 538,2 519 481 453

Milliontel-Millimeter besteht; ihre Helligkeiten werden durch die Zahlen

5 2 1 3 4

ausgedrückt. Sie sind scharf nach dem rothen Ende des Spectrums, verwaschen nach dem violetten. Außerdem sind noch zwischen O_β und O_γ drei, vor O_α vier und hinter O_ε ein breiter Lichtstreifen sichtbar, aber so schwach, daß eine Verwechselung mit den fünf Linien ausgeschlossen ist.

Paalzow selbst hat darauf aufmerksam gemacht, daß dieses

Spectrum nicht mit dem Plücker'schen Sauerstoffspectrum übereinstimmt, und Wüllner hat bemerkt, daß das Paalzow'sche Spectrum kein Linien-, sondern ein Bandenspectrum ist, wie er es schon vor länger als einem Jahrzehnt[1]) in einer mit electrolytisch dargestelltem Sauerstoff gefüllten Röhre beobachtet hat. Ferner hat H. W. Vogel bei Gelegenheit der weiter unten zu erwähnenden Untersuchungen auf die Aehnlichkeit des Paalzow'schen Sauerstoffspectrums mit dem Spectrum des Kohlenoxydgases hingewiesen.[2]) In der That stimmen die von Paalzow gegebenen Wellenlängen für die Hauptlinien des Sauerstoffs auffallend überein mit den von Angström und Salet für Kohlenoxyd gegebenen, und der Letztere hat auch darauf aufmerksam gemacht, daß diese Linien sich immer in Geißler'schen Röhren zeigen, wenn man dieselben vorher nicht in Sauerstoff glüht. Auf diese Aehnlichkeit ist Wüllner schon 1871 aufmerksam geworden, er hat deshalb die Spectren einer Anzahl kohlehaltiger Gase, sowohl sauerstoffhaltiger wie sauerstofffreier, untersucht und ist dabei zu dem Resultate gelangt, daß dieses Spectrum in der That nicht dem Sauerstoff, sondern der Kohle angehört.[3])

Paalzow hat noch angegeben, daß er das von ihm beschriebene Spectrum am schönsten erhalten habe bei einem Druck von 2 Millim., während bei höherem oder niederem Drucke nur ein Lichtschimmer sichtbar sei, dem er mehr den Namen eines undeutlichen, als eines continuirlichen Spectrums geben möchte. Ein solches schwaches, ganz unschattirt continuirliches Lichtfeld hat Wüllner im Bandenspectrum des Sauerstoffs erhalten[4]) in einer 2 Centim. weiten, mit Sauerstoff unter 5 Millim. Druck gefüllten Röhre. Wüllner hat dies als das Bandenspectrum des Sauerstoffs angesehen.

Ein eigenthümliches Bandenspectrum, aus etwa 5 Feldern bestehend, erhielt Wüllner in derselben 2 Centim. weiten Röhre im negativen Glimmlichte, und später ist es ihm gelungen, dasselbe auch im positiven[5]) Büschellicht darzustellen und damit

1) Poggend. Ann. Bd. 135, S. 517 u. 520.
2) Monatsber. der Berl. Akad. 1879, S. 118 u. 119.
3) Poggend. Ann. Bd. 144, S. 491; Bd. 149, S. 110.
4) Dies. Bd. 147, S. 331.
5) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 8, S. 261.

den Beweis zu liefern, daß dieses Spectrum in der That das Bandenspectrum des Sauerstofflichtes ist. Der elektrolytisch dargestellte Sauerstoff wurde zunächst in eine weite Glasröhre, welche wasserfreie Phosphorsäure enthielt, übergeführt; von dieser ging eine Glasröhre zu der mit der Quecksilberpumpe verbundenen Spectralröhre. Die Verbindung war durch Siegellack hergestellt, um aber den Sauerstoff möglichst wenig mit dem Siegellack in Berührung kommen zu lassen, war jede Verbindungsröhre an dem einen Ende lang ausgezogen und tief in die folgende gesteckt. Die Spectralröhre hatte Platinelektroden von 7 Centim. Abstand und in der Mitte ein enges Rohr von 2 Millim. Durchmesser und 2 Centim. Länge; an sie war zum Zwecke einer andern Untersuchung eine zweite ebensolche Röhre angeschmolzen, deren Mittelstück aber nur etwa 0,2 Millim. Durchmesser hatte. In dieses Rohr mit engem Mittelstück wurde der Sauerstoff zunächst aus dem weiten, als Reservoir dienenden Rohre geleitet, dann trat er in die Röhre mit weiterem Mittelstück. Uebrigens führte auch von der Röhre mit engem Mittelstück eine mit Hahn verschließbare Röhre nach der Pumpe, so daß man rasch in der ganzen Zusammenstellung einen bestimmten kleinen Druck herzustellen vermochte. Durch wochenlange Durchführung von Sauerstoff durch den Apparat erhielt Wüllner das Gas soweit von Kohle befreit, daß er hoffen konnte, wenn das im Glimmlicht beobachtete Spectrum wirklich das Sauerstoffbandenspectrum war, so würden seine charakteristischen Theile nicht durch das Kohlespectrum verdeckt werden. Es gelang auch, aber immer nur auf kurze Zeit. Hatte der Sauerstoff längere Zeit in der Röhre gestanden, so erschien wesentlich das Kohlespectrum. Wurde aber dann die Röhrenleitung bis zum Reservoir vollständig ausgepumpt, darauf aus dem Reservoir frischer Sauerstoff zugeführt und dessen Druck rasch auf 1 Millim. gebracht, so zeigte sich in dem positiven Büschellichte des 2 Millim. weiten Rohres im Orange und Grün das Spectrum des Glimmlichtes, nur im brechbareren Theile des Grün und im Blau traten noch schwach die Cannelirungen des Kohlespectrums auf.

Im Folgenden geben wir die von Wüllner berechneten Wellenlängen der Spectren des Glimmlichtes und des Büschellichtes:

		Wellenlängen des positiven Büschellichtes	Wellenlängen des negativen Glimmlichtes
	Scharfe Linie, Plückers O_α	616,0	616,0
I	Beginn eines orange Feldes	602,6	602
I	Maximum auf demselben	597,3	—
I	Brechbarere Grenze	595,3	595,3
II	Beginn eines zweiten, sehr schwachen Feldes	590,7	590,1
II	Brechbarere Grenze	585,4	584,1
III	Beginn eines grünen Feldes	564,0	564,9
III	Maximum	558,1	558,9
III	Ende	554,8	551,3
	Scharfe Linie	544,1	544,0
	Scharfe Linie	532,6	532,3
IV	Beginn eines grünen Feldes	530,2	529,9
IV	Maximum	525,5	523,5
IV	Ende	521,7	520,5
III^a	Beginn einer Cannelirung	520,3	—
V	Beginn eines schwachen Feldes	491.3	490
IV^a	Beginn einer Cannelirung	483,9	—
	Beginn eines schwachen Feldes	457,3	—
V^a	Beginn einer Cannelirung	451,4	—
	Linie	437	—

Wie bereits erwähnt, trat das Sauerstoffspectrum des Büschellichtes nur eine Zeit lang auf, wenn man frischen Sauerstoff hatte in die Röhre treten lassen. Blieb die Füllung längere Zeit, 1/4 bis 1/2 Stunde ungeändert, so verwandelte sich das Spectrum in das Kohlespectrum. Vor O_α traten mehrere rothe Felder auf, O_α verschwand zuweilen ganz und vor dem orange Feld Nr. I entwickelte sich Licht, so daß eine bei der Wellenlänge 610 beginnende Bande entstand. Gleichzeitig entwickelte sich in besonders interessanter Weise die mit der Wellenlänge 564 beginnende grüngelbe Cannelirung. Zunächst trat ein zweites Maximum auf dem Felde Nr. III hervor und je heller dieses wurde, desto mehr trat das vom Sauerstoff herrührende zurück. Ebenso verschwanden die beiden grünen Linien und das Feld Nr. IV wurde gleichmäßig beleuchtet, während die Kohlebande Nr. III^a und die weiteren Kohlebanden erheblich an Helligkeit zunahmen.

Zu bemerken ist noch, daß der Durchgang des Stromes durch das Capillarrohr der zweiten Spectralröhre stets mit

einer Funkenentladung begann, und daß sich dort auf mehr oder minder hellem Hintergrunde das Plücker'sche Linienspectrum des Sauerstoffs zeigte.

Wir wenden uns nun zu den schon oben S. 35 erwähnten photographischen Aufnahmen der Spectra des Wasserstoffs, Quecksilbers und Stickstoffs von Prof. H. W. Vogel in Berlin. Derselbe bediente sich des einfachen, nicht mit Leidener Flasche verstärkten Inductionsfunkens als Lichtquelle, und es gelang ihm mit Hilfe der neuerdings im Handel vorkommenden „Gelatinetrockenplatten", die sich jahrelang halten, ganz schwache Lichtphänomene zu fixiren, die früher der Photographirung ganz unzugänglich waren.

Bei einem Vorversuche, den er mit seinem kleinen Spectrographen anstellte, genügte eine Belichtungszeit von 2 Stunden auf ein von Paalzow gefertigtes Sauerstoffrohr, um eine ganze Reihe Linien zwischen den Fraunhofer'schen Linien F und h zu fixiren. Darauf unternahm er eine Aufnahme mit dem nach seiner Angabe auf Kosten der berliner Akademie construirten großen Spectrographen, der zwei Flintglasprismen von 60° und statt des Fernrohrs eine photographische Camera besitzt. Nach Lockyer's Angabe ist der Spalt dieses Instrumentes durch fünf dicht hinter einander liegende Schieber gedeckt, die einzeln geöffnet werden können, wodurch man in den Stand gesetzt wird, fünf neben einander liegende Spectren nach einander aufzunehmen. Das Instrument wurde durch Probeaufnahmen des Sonnenspectrums scharf eingestellt, dann der Spalt so nahe als möglich an die hellste Stelle eines vom Inductionsstrom erleuchteten Sauerstoffrohres gebracht und 2 Stunden lang exponirt, und hierauf der benachbarte Theil des Spaltes 2 Minuten lang mittels Handspiegels mit Sonnenlicht erleuchtet, um ein Vergleichsspectrum zu erhalten. Dabei ergab sich trotz niedrigen Sonnenstandes ein Bild des Spectrums von h bis A, wie es sonst bei Anwendung von ungefärbten Bromsilbercollodiumschichten auch bei günstigerer Sonne nur bei 15 Minuten Expositionszeit erhalten wurde. Das erhaltene Sauerstoffspectrum zeigte den Charakter eines Bandenspectrums, dessen Banden O_ε, O_ϱ, O_η nach Paalzow, im Gegensatz zu den Stickstoffbanden, ihre schärfste Seite dem Roth zukehren; Paalzow's O_δ (bei F) trat nur schwach hervor. Diese Banden

traten auch unter Umständen in fremden Gasen auf, so im Spectrum des durch Elektrolyse gewonnenen sauerstoff- und quecksilberhaltigen Wasserstoffes. Uebrigens lösen sich bei 8facher Vergrößerung alle Banden in feine Linien auf.

Nach diesen günstigen Ergebnissen mit der Photographie bei Untersuchung von Sauerstoffröhren ging Vogel an die Untersuchung der violetten und ultravioletten Theile der Spectra anderer Gase, welche theils in verdünntem Zustande in Geißlerröhren unter Anwendung einfacher Inductionsfunken, theils unter Benutzung von Flaschenfunken bei gewöhnlichem Druck zur Verwendung kommen.

Verdünntes Wasserstoffgas zeigte folgende Linien:

Wellenlänge Zehnmilliontel-Millim.	Charakter
3795	schwache Linien, scharf
3834	mittelstark, scharf
3841	weniger brechbare Seite einer schwachen Bande
3870	mittelstark, nicht scharf
3887	sehr stark
3905	sehr schwach
3920	desgl.
3946	ziemlich stark, zwischen H′ u. H″ des Sonnenspectrums
3968	sehr stark, H′ Fraunhofer
3986	schwach
4005	sehr schwach
4047	stark
4060	mittelhell
4065	desgl.
4067	desgl.
4078	desgl.
4101	sehr starke Wasserstofflinie H_δ
4122	schwache Bande
4152	schwache Linie
4158	desgl.
4168	desgl.
4174	mittlere Linie
4193	feine Linie
4195	desgl.
4201	stärker
4210	feine Linie
4220	mittlere Linie
4240	schwache Linie
4340	sehr starke Wasserstofflinie H_γ
4346	feine Linie
4357	starke Linie
4367	ziemlich starke Linie
4375	schwache Bande
4390	desgl.
4413	mittlere Linie am Rande einer Bande
4448	mittlere Linie
4459	desgl.
4500	desgl.
4535	schwache Linie
4580	stärkere "
4645	desgl.
	sehr helle Linie H_β, F Fraunhofer
	sehr helle Linie H_α, C Fraunhofer

Bei gewöhnlichem Druck unter starken Funken war nur die rothe Wasserstofflinie H_α genügend scharf, H_β und H_γ waren

stark verbreitert und an den Rändern verwaschen, Hδ war bei Anwendung eines einfachen Spectroskopes nicht zu erkennen, dagegen als Helligkeitsmaximum im Violett gut sichtbar, wenn man den Funken direct durch ein Prisma betrachtete. Was die relative Helligkeit anlangt, so ist in Geißlerröhren Hα am hellsten, bei gewöhnlichem Druck und starken Funken aber Hβ.

Weiter untersuchte Vogel das Spectrum des Quecksilbers, um zu entscheiden, welche der zahlreichen Wasserstofflinien dem Quecksilber in der beim Auspumpen der Röhren benutzten Geißler'schen Pumpe angehört. Da es zu diesem Zwecke zunächst darauf ankam, das Spectrum bei geringerem Druck und mäßigen Funken zu erforschen, so wurde eine Stickstoffröhre benutzt, die einige Tropfen Quecksilber enthielt und ein einfacher Inductionsstrom durch dieselbe geleitet. Es zeigten sich dabei die Stickstoff- und Quecksilberlinien deutlich sichtbar. Da indessen das Quecksilberspectrum von dem mit starken Funken bei gewöhnlichem Luftdrucke erhaltenen abzuweichen schien, so wurden noch andere Spectren photographirt, nämlich 1) das Spectrum eines zwischen Quecksilberpolen bei gewöhnlichem Luftdruck überspringenden Flaschenfunkens, Expositionszeit 4 Minuten; 2) dasjenige der quecksilberhaltigen Stickstoffröhre bei gewöhnlicher Temperatur mit einstündiger Exposition; 3) das derselben Röhre nach dem Erhitzen, wobei das schon von E. Wiedemann beobachtete Verschwinden der Stickstofflinien eintrat; 4) das Sonnenspectrum. Das in freier Luft gemessene Quecksilberspectrum zeigte die schon von Thalén gemessenen Linien Hgγ, δ, x, außerdem aber noch die kräftige Linie Hgε im Ultraviolett und zahlreiche, dem Luftspectrum angehörige Linien. Letztere fehlten natürlich im Spectrum der Röhre, während beide Spectra übereinstimmend die Hauptlinien im Indigo, Violett und Ultraviolett zeigten. Merkwürdigerweise fehlte im Röhrenspectrum die starke Quecksilberlinie von 3983 Zehnmilliontel-Millim. Wellenlänge gänzlich und statt ihrer erschienen schwache, im Flaschenfunkenspectrum fehlende Linien und Banden, was wohl in dem starken Temperaturunterschied seine Erklärung findet. Vogel findet es aber auffallend, daß durch Verdünnung beziehentlich Temperaturerniedrigung gerade eine der hellsten oder nach Lockyers Ausdrucksweise längsten Linien, Hgx ver-

schwindet, während viel schwächere sichtbar bleiben, und daß bei Temperatursteigerung keineswegs alle Linien an Intensität gewinnen, sondern manche gänzlich verschwinden. Gerade auf den angeblichen Satz, daß bei abnehmenden Drucke die kürzesten Linien zuerst verschwinden hat aber Lockyer weit gehende Folgerungen gegründet. Nachstehend geben wir zunächst nach Vogel's Angabe das

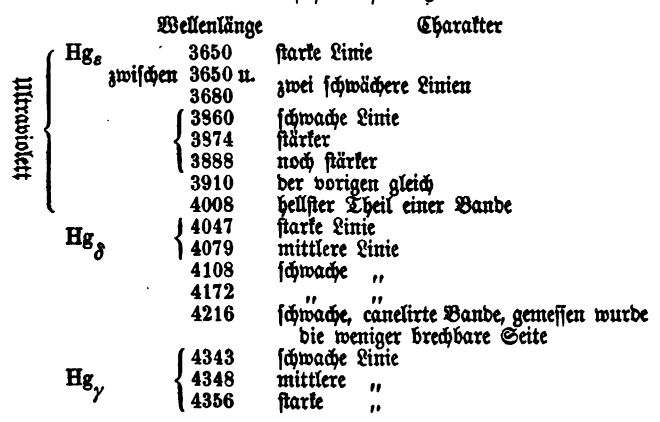
Spectrum des Quecksilbers bei gewöhnlichem Luftdruck und starken Funken.

		Wellenlänge	Charakter
Ultraviolett	Hg_ε	3650	starke Linie
			zwei schwächere, nicht genau bestimmbar
	wahrscheinlich Luftlinien	3753	mittlere Linie
		3773	schwache „
		3791	mittlere „
		3820	sehr schwache Linie
		3840	mittlere Linie
		3858	schwache „
		3919	mittlere „
		3932	mittlere, lang und dünn
		3967	desgl.
		3975	mittlere Linie
	Hg_x	3983	sehr stark, dick und lang
		* 3995	stark, dünn und ziemlich lang
		* 4040	zwei schwache Linien
	Hg } δ	4046	sehr stark, dick und lang
		* 4070	mittel
	Hg	* 4077	stark
		* 4095	schwach, schmal
		* 4104	„ „
		4110	„ „
		4118	„ „
		4131	„ „
		4143	„ „
		* 4150	„ „
		* 4188	schwache Bande
		4195	schwache Linie
		4197	„ „
		4216	„ „
		* 4230	breite Bande
		* 4320	schwache Linie
		* 4335 ?	stärkere „

	Wellenlänge	Charakter
Hg } γ	4347	starke Linie
Hg } γ	4357	sehr starke Linie
	*4415	dünn, mittlere Linie
	*4425	breite Bande
	*4447	mittlere Linie
	*4590	schwache "
	*4601	" "
	*4607	" "
	*4613	" "
	*4620	" "
	*4631	stärkere "
	*4642	schwache "
	*4650	" "

Weiter über die Fraunhofer'sche Linie F hin lagen noch mehrere, wegen ungenügender Schärfe nicht bestimmte Linien. Die vorstehend mit * bezeichneten Linien coincidiren mit Luftlinien.

Spectrum des Quecksilbers im luftverdünnten Raume bei schwachen Funken.



		Wellenlänge	Charakter
Ultraviolett	Hg_ε	3650	starke Linie
Ultraviolett	zwischen	3650 u. 3680	zwei schwächere Linien
Ultraviolett		3860	schwache Linie
Ultraviolett		3874	stärker
Ultraviolett		3888	noch stärker
Ultraviolett		3910	der vorigen gleich
Ultraviolett		4008	hellster Theil einer Bande
	Hg_δ	4047	starke Linie
	Hg_δ	4079	mittlere Linie
		4108	schwache "
		4172	" "
		4216	schwache, canelirte Bande, gemessen wurde die weniger brechbare Seite
	Hg_γ	4343	schwache Linie
	Hg_γ	4348	mittlere "
	Hg_γ	4356	starke "

Jenseits der Fraunhofer'schen Linie G waren noch drei Linien angedeutet, die wegen Undeutlichkeit nicht bestimmt wurden.

Wie erwähnt, wurden Quecksilber- und Stickstoffspectrum zusammen photographirt. Nach Ausscheidung der Quecksilberlinien ergab sich dann das folgende

Spectrum des Stickstoffs.

	Wellenlänge	Charakter	Wellenlänge	Charakter
Ultraviolett	3670	schwache Linie	4059,5	starke Linie
Ultraviolett	3713	mittlere „	4094	mittlere Linie
Ultraviolett	3762	sehr starke Linie	4141	„ „
Ultraviolett	3807	„ „ „	4200	„ „
Ultraviolett	3840	schwache „	4236	schwache „
Ultraviolett	3895	mittlere „	4268,5	breite Bande
Ultraviolett	3918	starke „	4278,5	mittlere Linie
Ultraviolett	3946	„ „	4345	schwache „
	4000	„ „	4416	„ „

Die allmähliche Ueberführung des Bandenspectrums des Stickstoffs in ein Linienspectrum bildet den Gegenstand einer von Wüllner der Münchener Akademie vorgelegten Arbeit.[1])

Angström hat ursprünglich für ein jedes Gas nur ein einziges, und zwar ein aus einzelnen Linien bestehendes Spectrum für möglich gehalten und die von Plücker und Hittorf beschriebenen Bandenspectren Verunreinigungen zugeschrieben, insbesondere das Bandenspectrum des Stickstoffs einer Oxydationsstufe desselben. Später indessen (im Jubelbande von Poggend. Ann.) hat er zugegeben, daß ein einfacher Körper im gasförmigen Zustande mehrere Spectra liefern könne. Er nahm dann an, daß der Körper mit sich selbst Verbindungen eingehe, also isomere Verbindungen bilde, und daß diese verschiedene Spectra liefern. Lockyer hat diese Auffassung dahin präcisirt, daß im Linienspectrum das einfache Atom wirksam sei, in den canelirten und continuirlichen Spectren dagegen eine Anhäufung von Molekeln.

Wüllner hat eine solche Hypothese nicht für nöthig gehalten zur Erklärung der verschiedenen Spectra der Gase, sondern glaubt dieselben aus dem Kirchhoff'schen Satze von der Proportionalität des Absorptions- und Emissionsvermögens ableiten zu können. Nachdem Zöllner darauf aufmerksam gemacht, daß das von einer strahlenden Gasschicht ausgesandte Licht wesentlich von der Dicke und Dichte der Schicht abhängig sein müsse, und Wüllner die Thatsache constatirt hatte, daß das Linienspectrum der von ihm untersuchten einfachen Gase

1) Ann. der Phys. u. Chemie. N. F. Bd. 8, S. 590.

nur bei dem eigentlichen elektrischen Funken sich zeigt, das Bandenspectrum dagegen, wenn im Gase das positive Büschellicht auftritt, hat der Letztere die Verschiedenheit der Spectra dem Unterschiede der strahlenden Schicht zugeschrieben. Im Funken leuchten nur die direct von diesem getroffenen Molekeln, also fast nur eine lineare Molekelschicht; es können sich daher nur die der Temperatur des Funkens entsprechenden absoluten Maxima des Emissionsvermögens im Spectrum zeigen. Wird dagegen in dem positiven Büschellicht die ganze in einer Spectralröhre eingeschlossene Gasmasse leuchtend, so sendet stets eine relativ dicke Schicht Licht aus, es müssen sich daher in dem Spectrum alle Lichtarten zeigen, für welche bei der betreffenden Temperatur das Emissionsvermögen überhaupt von Null verschieden ist. Da das leuchtende Gas aber immer eine relativ sehr kleine Dichte hat, so muß sich in dem Spectrum jeder Unterschied des Emissionsvermögens für die einzelnen Lichtarten zeigen, die Spectra müssen reich schattirt sein, wie man dies in der That bei den Bandenspectren der Gase findet.

Einen Beweis für die Richtigkeit dieser Auffassung glaubte Wüllner in den Spectren des Joddampfes gefunden zu haben: in einer Wasserstoffflamme zum Glühen gebracht, giebt der Joddampf das negative Absorptionsspectrum, welches ganz den Charakter der Bandenspectra der Gase hat; durch den Funken zum Glühen gebracht geben dagegen die leuchtenden Jodmolekeln ein aus einzelnen hellen Linien bestehendes Spectrum.

Dieser Auffassung scheint allerdings die Thatsache entgegenzustehen, daß die Linien des Linienspectrums keineswegs gerade den Helligkeitsmaximis des Bandenspectrums entsprechen, und dieser Umstand mag wohl zu der Ansicht geführt haben, der Kirchhoff'sche Satz sei nicht ausreichend zum Verständniß der von Gasen gelieferten Spectra, es bedürfe vielmehr zur Erklärung derselben noch einer besondern Hypothese. So meinen Angström und Thalén, daß mit wechselnder Dicke und Dichte der strahlenden Schicht das Spectrum wohl an Reichhaltigkeit zunehmen könne, daß aber einmal vorhandene Linien nicht verschwinden könnten. Wüllner bemerkt dagegen, daß es allerdings keinem Zweifel unterliege, daß, wenn bei constanter Temperatur des Gases die Dicke oder Dichte der strahlenden Schicht zunimmt, Wellen, die bei geringerer Dichte im Spec-

trum auftreten, nicht verschwinden können; wohl aber sei es möglich, daß Linien des Linienspectrums nicht mehr als scharfe Linien erscheinen. Sie werden als solche verschwinden, wenn das Absorptionsvermögen für die nebenliegenden Wellen hinreichend groß ist, um an der Stelle der Linien ein helles Feld zu entwickeln.

Da das Linienspectrum von einer fast linearen Molekelreihe geliefert wird, so können Dicke und Dichte dann noch sehr klein sein. Indessen müßten doch, so lange Dicke und Dichte der Schicht nicht sehr groß sind, diese Wellen als Maxima vor den übrigen hervorragen. Das ist allerdings nicht der Fall, wie die Vergleichung der Linien- und Bandenspectra zeigt. Man muß aber beachten, daß die beobachteten Linien- und Bandenspectra sehr verschiedenen Temperaturen angehören, daß insbesondere die Temperatur des Funkens, der das Linienspectrum liefert, viel höher ist als diejenige des positiven Büschellichtes. Mit steigender Temperatur wächst aber das Absorptionsvermögen für alle Wellenlängen, und damit auch das Emissionsvermögen. Aber es ist nicht erforderlich, ja nicht einmal wahrscheinlich, daß das Absorptionsvermögen für alle Wellen in gleicher Weise wächst. Sobald indessen hierin eine Veränderung eintritt, muß sich auch, oder kann sich wenigstens eine Verschiebung der Maxima zeigen. Eine solche Verschiebung der Maxima ist es aber, wenn die hellen Linien des Linienspectrums an andern Stelleu liegen als die Helligkeitsmaxima der Bandenspectrums. In dieser Weise können also Linien des Linienspectrums im Bandenspectrum wirklich verschwinden, indem an der betreffenden Stelle des Bandenspectrums eine gleichmäßige Beleuchtung eintritt, oder selbst eine geringere Helligkeit als an benachbarten Orten sich zeigt.

Gegen die Wüllner'sche Erklärung hat sich E. Wiedemann ausgesprochen (dieses Jahrb. XV, S. 164 u. 165), indem er auf Grund eines Versuchs von Lockyer die Annahme der Aequivalenz von Dicke und Dichte der strahlenden Schicht als nicht zulässig erachtet. Dagegen macht Wüllner geltend, daß seine Auffassung keineswegs die volle Aequivalenz von Dicke und Dichte der strahlenden Schicht verlange, und daß andererseits durch die Messungen von Bunsen und Roscoe über die Absorption der chemisch wirksamen Strahlen im Chlor der

Nachweis geliefert worden sei, daß innerhalb der bei den Gasspectren vorkommenden Dichten und Dicken der strahlenden Schicht die Aequivalenz soweit vorhanden ist, wie sie zu der Erklärung der Spectralerscheinungen nöthig erscheint.

Schon vor 16 Jahren, bei seinen Untersuchungen über das Spectrum des glühenden Joddampfes, hat Wüllner den Einfluß der Dichte der leuchtenden Schicht auf die Emission des Lichtes erkannt. Nun zeigt das Bandenspectrum des Stickstoffs, daß der letztere in den durch elektrische Entladung erhaltenen Temperaturen ein ebenso ausgedehntes Absorptionsvermögen besitzt, wie der Joddampf in niederen Temperaturen, denn das Bandenspectrum des Stickstoffs hat, wenn auch im Einzelnen sehr verschieden, im Wesentlichen denselben Charakter wie das des Joddampfes. Der Stickstoff muß sich deshalb vor allen übrigen Gasen besonders eignen, die Abhängigkeit der Spectralerscheinungen von der Dichte und Dicke der strahlenden Schicht des Gases zu zeigen, also den Beweis zu liefern, daß es kein constantes Spectrum des Stickstoffs giebt, daß vielmehr ein constantes Spectrum nur existirt bei bestimmter Dichte und Temperatur des Gases. Bereits bei seinen ersten Arbeiten über das Stickstoffspectrum (1868), ehe er noch die Bedeutung der Dichte der leuchtenden Schicht für das ausgesandte Licht erkannt hatte, bemerkte Wüllner, daß, wenn man den Druck im Innern einer Stickstoffröhre so klein macht, daß er nicht mehr meßbar ist, die Helligkeit des Spectrums geringer wird, dergestalt daß die dunkeln Partien zuerst erlöschen und zuletzt nur noch die hellsten Theile übrig bleiben, wodurch das Spectrum den Charakter eines Linienspectrums, aber nicht den des gewöhnlichen Linienspectrums des Stickstoffs annimmt. Bei den neuen Untersuchungen wurde nun der Verlauf der Erscheinungen nach dieser Richtung hin genauer verfolgt. Außer stärkeren Inductionsströmen wurde noch ein einfaches Mittel angewandt, um auch bei den geringsten zur Verwendung kommenden Gasdrucken das Spectrum noch hell genug für die Messungen zu erhalten. Da nämlich die vom Inductionsstrome erzeugte Temperatur des Gases mit abnehmendem Querschnitt des Rohres steigt, so benutzte Wüllner Spectralröhren mit sehr engem Querschnitt von etwa 0,2 Millim. Durchmesser; die Röhren hatten übrigens die oben beschriebene Form, der

capillare Theil war etwa 2 Centim. lang. Sie wurden mit Benutzung einer Geißler'schen Quecksilberluftpumpe mit reinem Stickstoff gefüllt, der durch Verbrennen von Phosphor unter einer Glocke erhalten und durch eine etwa 3 Stunden in Gluth erhaltene Eisendrahtspirale vollständig von Sauerstoff befreit worden war.

Das Ergebniß der Beobachtungen entsprach nun vollständig der Wüllner'schen Auffassung der Spectralerscheinungen: „es giebt in der That kein bestimmtes Stickstoffspectrum, sobald man bei hinreichend dünnen Schichten die Dichtigkeit des Gases unterhalb einer gewissen Grenze bringt. Das Bandenspectrum geht ganz schrittweise in ein Linienspectrum über, welches indeß nicht das Linienspectrum des Funkens ist, sondern mit demselben nur eine gewisse Anzahl Linien gemein hat. Bei diesem Uebergange kann man dann gleichzeitig an mehreren Stellen in besonders auffallender Weise die mit steigender Temperatur allmählich eintretende Verschiebung der Maxima der Helligkeit verfolgen, welche bewirkt, daß in diesem Linienspectrum die Linien keineswegs an der Stelle der Helligkeitsmaxima im Bandenspectrum liegen." Durch diese Verschiebung ist dargethan, daß mit steigender Temperatur das Absorptions- und sonach auch das Emissionsvermögen für die verschiedenen Lichtarten nicht in gleicher Weise wächst.

Wir müssen uns damit begnügen, auf dieses allgemeine Resultat hinzuweisen, welches zeigt, daß der Kirchhoff'sche Satz zur Erklärung der Erscheinungen ausreicht. Bezüglich der genaueren Beschreibung der allmählichen Aenderungen des Spectrums verweisen wir auf die ausführliche Darstellung, welche Wüllner a. a. O. gegeben hat.

Die Entwickelung des Farbensinnes.

Der englische Staatsmann und Homerforscher Gladstone hat zuerst im Jahre 1858 und auch später wieder auf die Armuth der Homer'schen Gesänge an Farbenbezeichnungen und auf den Umstand aufmerksam gemacht, daß dort ein und dasselbe Wort angewandt wird zur Bezeichnung von Farben, die nach unserer Auffassung wesentlich verschieden sind, und er schließt daraus, daß das Unterscheidungsvermögen des Dichters

für die prismatischen Farben nur ein sehr unbestimmtes und mangelhaftes gewesen sein könne.[1])

Für roth hat Homer das Wort erythros, welches auf Kupfer, Nektar, Wein und Blut angewandt wird. Außerdem wird auch phoinix gebraucht als Schmuckfarbe auf Elfenbein (Ilias IV, 141), von Ueberwürfen und Mänteln, aber auch vom Blut, von einem Pferde, vom Schakal, von der Mähne des Löwen, vom Rücken eines Drachen oder einer Schlange; in der Zusammensetzung phoinikoparéos vom Vordertheil eines Schiffes. Untergeordnet findet sich meltoparēos, ockerwangig, auf Kriegsschiffe angewandt. Porphyreos purpurfarben (porphy̆ra die Purpurschnecke) wird von künstlich gefärbten Dingen gebraucht, von Gewändern, Teppichen, gesponnenem Gewebe ꝛc.; aber auch vom Regenbogen, der auch daphoineos, blutigroth, oder kyaneos, dunkelblau, dunkelfarbig genannt wird; ferner vom Blut, von einer dunkeln Wolke, von den Meereswogen und der dunkeln See, vom Tode. Rhodoeis, rosig, wird auch vom Oel gesagt; oinops, weinfarben, von Ochsen und von der See.

Die Bezeichnung xanthos, gelb, wird vom menschlichen Haar, wie auch von Pferden gebraucht.

Für blau hat Homer hyakinthinos, welches seltener vorkommt, und ioeidēs, welches vom Veilchen, von der See, von Stahl gesagt wird; iodnephes (nophos, finster), dunkelviolettblau, wird von gefärbter Wolle gebraucht (Od. IV, 135).

Grün wird mit chloros ausgedrückt, das aber nur selten auf grüne Naturobjecte, Blätter ꝛc. angewandt wird.

Kyaneos wird bei dunkeln Gegenständen verschiedener Farbe angewandt, bei Bronze, dunkeln Augenbrauen und Haaren, dunkelhaarigen Pferden, dichtgedrängten Schlachtreihen, Trauerkleidern, nassem Seesand u. a.

Gladstone's Idee wurde von dem deutschen Sprachforscher Lazarus Geiger (gest. 29. Aug. 1870) aufgenommen und weiter ausgeführt, der in einem vor der deutschen Naturforscher-Versammlung im Jahre 1867 in Frankfurt gehaltenen Vortrage die Ansicht entwickelte, daß ehemals das menschliche Auge nur für schwarz und roth empfänglich gewesen sei und daß

---

1) „Studies on Homer and the Homeric age“ 1858. Vol. III, p. 457; „The colour sense“ in The Nineteenth Century, Oct. 1877.

die Empfänglichkeit für die verschiedenen Spectralfarben sich erst allmählich entwickelt habe, in der Weise, daß orange früher als gelb, gelb früher als grün rc. unterschieden wurde. Er stützt sich dabei nicht nur auf die Spärlichkeit und Unbestimmtheit der Homer'schen Farbenbezeichnungen, sondern er glaubte ähnliche Erscheinungen auch in den ältesten Schriften der Perser und Inder, im Zendavesta und im Rigveda gefunden zu haben. Insbesondere fiel es ihm auf, daß im Zendavesta, der so großes Gewicht auf Anpflanzungen legt und Bäume und Pflanzen vielfach erwähnt, nirgends der grünen Farbe derselben gedacht wird; eine noch größere Farbenarmuth, welche sich auf den Gegensatz zwischen Roth und Schwarz reducire, glaubt er im Rigveda zu finden.[1]) Aehnlich ist der Gedankengang Weise's[2]), welcher annimmt, die Indogermanen hätten ursprünglich nur zwischen Licht und Dunkel unterschieden; von den Namen für helle Farben seien nur weiß, roth und gelb bereits vor der Trennung der indogermanischen Sprachen in Anwendung gekommen, grün und blau erst weit später, nachdem sich nicht nur die europäischen Sprachen von den asiatischen, sondern auch die süd- von den nordeuropäischen getrennt hätten. In der Ilias komme das Wort grün noch gar nicht vor, erst in den Homerischen Hymnen sei es mit Sicherheit nachweisbar, und die blaue Farbe sei noch lange nach der Homerischen Zeit von den Griechen als eine bloße Abart von schwarz angesehen worden, wie sie auch in den Veden, in den Edden, im Koran und in der Bibel gänzlich fehle.

Im Anfang des Jahres 1877 veröffentlichte Dr. Hugo Magnus in Breslau zwei Schriften über „die geschichtliche Entwickelung des Farbensinnes", in denen er es namentlich unternahm, den Geiger'schen Ansichten eine tiefere physiologische Begründung zu geben und dieselben in eine innige Verbindung mit dem Darwinismus zu bringen.

Gegen die Geiger'sche Hypothese trat aber um dieselbe Zeit Dr. Ernst Krause in Berlin in mehreren Artikeln der Darwinistischen Zeitschrift „Kosmos" auf.[3]) Der Farben-

1) Geiger, Ueber den Farbensinn im Alterthum (1867).
2) „Die Farbenbezeichnungen der Indogermanen" in Bezzenberger's Beiträgen II, S. 273 (1878).
3) Bd. I, S. 264 und 428.

sinn, führt Krause aus, erscheint schon deutlich entwickelt bei Insecten und einigen der niedrigsten Wirbelthiere; es ist also nicht wohl anzunehmen, daß er dem Menschen, und stehe er auch auf der tiefsten Stufe der Entwickelung, fehlen sollte. Die von Gladstone, Geiger, Magnus u. A. nachgewiesenen Eigenthümlichkeiten in den Farbenbezeichnungen der ältesten Culturvölker erklären sich theils durch die Mangelhaftigkeit des ursprünglichen Wortvorraths, theils durch das mangelnde Interesse an scharfer Unterscheidung der Farben und verschiedene andere Umstände. Insbesondere hat sich der Gebrauch verschiedener Ausdrücke für einzelne Farben und Farbentöne in engem Anschlusse an die Ausbildung der Färberei und Malerei entwickelt.

Die Ansichten Krause's haben denn auch allgemeine Anerkennung gefunden, und die Hypothesen von der Farbenblindheit Homers und der allmählichen Entwickelung des Farbensinnes bei dem Menschen in historischer Zeit in Geiger's Schrift haben seitdem mehr und mehr Anhänger verloren. Von ausführlicheren Werken über dieses Thema mögen hier die von Grant Allen[1]) und von Prof. A. Marty in Czernowitz[2]) genannt werden.

Die von den Vertheidigern der Farbenblindheit des Alterthums angeführten Thatsachen sind zunächst nicht alle ganz richtig; so ist es insbesondere unbegründet, daß im Zendavesta das Grün der Pflanzenwelt nirgends Erwähnung finde. Der Mond hat im Zendavesta (Yashts, VII, 5) den Beinamen „das Grün entwickelnd", und vorher ist die Rede von dem „Grün der goldfarbigen Bäume." Auch der Rigveda spricht von einem „grünen" Baum (IX, 5, 10) und besitzt ein Wort für blau, **nîla**, das wie das griechische **kyaneos** dunkelfarbig, dunkelblau, schon frühzeitig aber auch rein blau bezeichnet. Im ganzen Alterthum finden wir ferner einen Stein hochgeschätzt, dessen tief dunkelblaue Farbe nahe der äußersten Grenze der Farbenentwickelung nach Geiger und Magnus steht, den Lasurstein

1) The Origin and Development of the Colour-Sense. London 1879. Deutsch u. d. T. „Der Farbensinn. Sein Ursprung und seine Entwickelung." Mit einer Einleitung von Dr. Krause. Leipzig 1880.

2) Die Frage nach der geschichtlichen Entwickelung des Farbensinnes. Wien 1879.

bei den alten Indern Vaidûrya, in der Bibel Saphir genannt; außer seiner Farbe kommen ihm keinerlei schätzenswerthe Eigenschaften zu. Mit ihm wird auch in der Bibel der Himmel verglichen, wenn (2. Mos. 24, 10) von Jehova gesagt wird: „Unter seinen Füßen war es wie ein schöner Saphir und wie das Aussehn des Himmels, wenn es klar ist.“ Daß die Griechen der früheren Jahrhunderte die Farben wohl zu unterscheiden vermochten, geht, wie Marty hervorhebt, aus den Ueberresten alter Malereien deutlich hervor. So findet sich schon in den ältesten Tempeln, die hart an die Grenze des sechsten Jahrhunderts v. Ch. hinaufreichen, einzelne Bauglieder mit grünen Blättern bemalt und blau als Hintergrund des Reliefs und als Deckenschmuck.

Uebrigens waren sich die Griechen in der Blüthezeit der hellenischen Literatur der Mangelhaftigkeit der Farbenbezeichnungen bei Homer und anderen älteren Dichtern wohl bewußt, wie aus einer Stelle des Dichters Ion hervorgeht, welche uns Athenäos in seinem „Gelehrtenmahl“ (Deipnosophistae, lib. XIII, cap. 81) aufbewahrt hat.[1]) Ion beschreibt darin einen Abend, den er mit dem Tragödiendichter Sophokles auf der Insel Chios verlebt. Letzterer citirt mit Bezug auf das blühende Aussehen eines Knaben, der den Wein einschenkt, den Vers des Phrynikos: „Der Liebe Licht glänzt auf der Purpur-Wange“, worauf ein pedantischer Grammatiker die Bemerkung macht, daß Purpur-Wangen dem Gesicht des Knaben nicht gut stehen würden. Sophokles aber lacht dieses Einwandes und bemerkt, dann dürfte Simonides auch nicht vom Purpurmund eines singenden Mädchens, Homer nicht vom goldhaarigen Apoll und von der rosenfingrigen Göttin sprechen, denn wirklich rosenrothe Finger würden eher einem Rothfärber als einer schönen Frau zukommen.

Mit Recht erklärt daher Marty die auf Farbenblindheit gedeuteten Thatsachen der alten Literatur „theils als Folgen allmählicher Ausbildung des Urtheils für Farben und des Interesses für ihre genaue Bezeichnung; theils sind sie Ausfluß der Gesetze der poetischen Diction, theils endlich wurzeln sie in einer Umwandlung des Farbengefühls.“

---

1) Auf diese Stelle hat Robertson Smith aufmerksam gemacht in Nature XVII, p. 100.

Auch bei anderen Culturvölkern treffen wir schon in den ältesten Zeiten auf Unterscheidung der verschiedenen Farben, wie z. B. Victor von Strauß gezeigt hat[1]), daß in chinesischen Quellen, die theilweise bis zum Jahre 1700 v. Ch. zurückgehen, Namen für die grüne und blaue Farbe, speciell für das Blau des Himmels, der „das gewölbte Blau" genannt wird, und für das Grün der Blätter vorkommen. Auch in den altegyptischen Farbennamen kommen nach Prof. Dümichen blau und grün vor, und in den egyptischen Wandmalereien, die nach Lepsius bis ins vierte Jahrtausend v. Ch. zurückreichen, sind alle Farben vertreten, insbesondere sind Blätter und Gras immer grün, das Wasser blau oder grünlich, Eisengeräthe blau ꝛc.

Bemerkenswerth sind endlich noch die Ergebnisse, zu denen die Untersuchung des Farbensinnes niedrig civilisirter Völker geführt hat. Derartige Untersuchungen sind von Allen, in umfänglicherem Maße aber von dem schon erwähnten Dr. Magnus in Breslau und Dr. Pechuel-Lösche in Leipzig unternommen worden. Die Absicht der letzteren ging wesentlich dahin, durch directe Prüfung den Umfang und die Leistungsfähigkeit des Farbensinnes uncivilisirter Völkerschaften festzustellen und die sprachlichen Bezeichnungen zu sammeln, in denen sich die verschiedenen Bethätigungen des Farbensinnes äußern. Zu dem Zwecke wurden die einzelnen Fragen, deren Beantwortung wünschenswerth schien, auf einem Fragebogen zusammengestellt, der auch eine Scala der wichtigsten Farben: schwarz, grau, weiß, roth, orange, gelb, grün, violett, braun enthielt, um eine directe Prüfung der Farbenempfindung zu ermöglichen. Dieser Fragebogen wurde in zahlreichen Exemplaren an Aerzte, Missionäre, überseeische Handlungshäuser ꝛc. versandt, und aus den an das Museum für Völkerkunde in Leipzig eingeschickten Antworten, die besonders reichlich von Missionären erfolgten, konnten die Resultate gewonnen werden, welche jüngst Dr. Magnus in einer besonderen Schrift veröffentlicht hat.[2])

Im Allgemeinen ist der Umfang des Farbensinnes bei

---

1) „Ueber die Bezeichnung der Farben Blau und Grün im chinesischen Alterthum" in der Ztschr. der deutschen morgenländischen Gesellschaft, Bd. XXXIII.

2) Magnus, Ueber den Farbensinn der Naturvölker. Jena 1880.

den untersuchten Naturvölkern derselbe wie bei civilisirten Nationen; bei keinem Volksstamme ließ sich als Raceneigenthümlichkeit ein völliger physiologischer Mangel der Empfindlichkeit für eine der vier Hauptfarben: roth, gelb, grün, blau nachweisen. Aber die Kenntniß dieser Farben ist nicht bei allen Naturvölkern völlig gleichmäßig ausgebildet; denn während manche Völker nicht bloß in der Kenntniß der Hauptfarben, sondern auch in der Unterscheidung weniger deutlicher Schattirungen, Misch- und Uebergangsfarben große Fertigkeit an den Tag legten, waren andere in der Unterscheidung der Uebergangsfarben wenig erfahren und wieder andere bewiesen gewissen Hauptfarben gegenüber, wenn auch nicht wirkliche Empfindungslosigkeit, so doch eine deutlich ausgesprochene Empfindungsträgheit.

Das Letztere gilt vorzüglich für die Farben kürzerer Wellenlänge: grün und besonders blau; es ist erstaunlich, wie gering bei manchen Stämmen die Kenntniß dieser beiden Farben ist. Insbesondere ist dies der Fall bei den Stämmen der Irula, Badaga, Koda und Toda in den Bergzügen der Nilagiri im südlichen Ostindien, deren Farbensinn fast nur in der Kenntniß des Roth entwickelt ist. Von den Bewohnern der Loyaltyinseln berichtet der eine Fragebogen: „Die Eingebornen dieser Insel erkennen und unterscheiden sehr gut Farben, aber verwechseln die ihnen beigelegten Namen. Derselbe Mann nennt grün violett, offenbar aus Mangel an Uebung in der Bezeichnung der Farbe. Aber ich habe niemals gefunden, daß sie schwarz, weiß, roth verwechseln.“

Zahlreiche Belege für die feinere Entwickelung der Empfindung für roth und gelb gegenüber der für blau und grün liefern die Völkerschaften Afrikas. Das Hirtenvolk der Damara oder Ovaherero an der Westküste weiß die Farben zu benennen, soweit sie mit denen der Rinder, Schafe und Ziegen übereinstimmen; was aber keine Viehfarbe ist, besonders blau und grün, wissen sie nicht zu benennen, sie vermögen aber die Farben zu unterscheiden und gebrauchen, wenn nöthig, Fremdworte. Da es ihnen nicht auf genaue Ausdrücke ankommt, so gebrauchen sie nicht selten ihr eigenes Wort für das Fahlgelb der Rinder für grün und wohl auch für blau. Die meisten von ihnen sind mit der Civilisation in einige Berührung

gekommen, und es ist ein großer Unterschied im Farbensinn zwischen den etwas civilisirten und den gänzlich uncivilisirten nicht zu finden: letztere unterscheiden die Farben auch, können aber für grün und blau keine Namen angeben und finden es sehr lächerlich, daß es solche geben soll. Dasselbe Volk hat zahlreiche Benennungen für Färbung und Zeichnung der Thiere, die zum Theil dem Auge des Europäers schwer unterscheidbar sind; wenn also für zwei so deutlich unterschiedene Farben wie grün und blau Benennungen fehlen, so kann die Ursache nicht in einer zu geringen Plasticität der Sprache liegen. Ebenso ist auch bei vielen Kaffern- und Basutostämmen der Farbensinn und die Sprache im Bezug auf die Thierfarben außerordentlich entwickelt, und es besitzt z. B. die Kaffernsprache mehr als 26 verschiedene Ausdrücke für die Färbung und Zeichnung des Rindviehs; blau und grün aber, das sie doch unterscheiden können, wird mit demselben Wort bezeichnet. Fast scheint es zweifellos, daß der Grund hierfür nur in einer gewissen Gleichgültigkeit gegen diese Farben zu suchen ist. Auch die Tschi-Neger an der Goldküste zeigen gegen die Farben mittlerer und kürzerer Wellenlänge solche Indifferenz, daß die Missionäre anfangs glaubten, sie könnten nur weiß, schwarz und roth unterscheiden. Der Missionär Christaller hat dafür die ganz zutreffende Erklärung gegeben, daß nämlich diese Neger keine besondere Veranlassung zur Unterscheidung der Farben finden, zumal die Vegetation der Goldküste an Farben arm ist.

Auch bei den Nubiern, die sich in Berlin und anderen großen Städten Deutschlands producirten, hat Virchow eine gewisse Reactionsträgheit gegen Farben mittlerer und kürzerer Wellenlänge bemerkt.

Dagegen versichert Magnus, daß in keinem einzigen Falle eine Reactionsträgheit gegen roth nachweisbar war.

Als Hauptresultat stellt Magnus hin, daß die Farbenbezeichnung nur im Gebiete der langwelligen Farben eine sichere ist, an der Grenze zwischen gelb und grün aber bei zwei Dritttheilen der untersuchten Stämme ihre feste Gestalt verliert und unsicher und verschwommen wird; nur selten reicht die sichere Terminologie noch ins Grün hinüber. Niemals hat sich umgekehrt eine festgegliederte Nomenclatur im Grün und

Blau und eine schwankende im Roth und Gelb nachweisen lassen.

Magnus gesteht ausdrücklich zu, daß der Satz, auf welchen hauptsächlich sich die Geiger'sche Beweisführung stützte, nämlich die vollständige und gleichzeitige Uebereinstimmung zwischen Farbensinn und Farbenterminologie, durch diese Untersuchungen als irrig dargethan ist. Die sprachlichen Befunde gestatten keinen unmittelbaren Rückschluß auf die jeweilige Farbenkenntniß. Insbesondere erweisen sich die Versuche als verfehlt, welche die einzelnen Phasen der Entwickelung des Farbensinnes in zeitlich bestimmte Grenzen verweisen wollten, deren Enge oder Weite lediglich durch die Zeiträume bestimmt wurde, aus deren Literatur die mangelhafte Farbennomenclatur entlehnt war.

Die Theorie der Entwickelung des Farbensinnes an sich will freilich Magnus deshalb noch nicht in Zweifel ziehen, die Beweise für ihre Richtigkeit möchte er aber lieber dem Gebiete der Physiologie als der vergleichenden Sprachforschung entlehnen.

Wärmelehre.

Thermometrie.

Metallthermometer von Coret (Paris, Boulevard de Straßbourg 31). Dieses von V. de Luynes sehr warm empfohlene Instrument besteht aus einer Anzahl concentrischer Röhren von verschiedenen Metallen (z. B. Zink und Stahl), deren Enden abwechselnd an einander gelöthet sind. Da bei Veränderung der Temperatur die verschiedenen Metalle sich verschieden ausdehnen, so wird auch der Abstand zwischen dem freien Ende der ersten und letzten Röhre ein wechselnder sein. Durch Zahnrad und Hebel werden diese Veränderungen auf einen Zeiger übertragen, der sich auf einem Zifferblatte bewegt. Die Gestalt des Thermometers ist entweder dosenartig, wie bei einem Aneroidbarometer, oder stielförmig. Die Angaben erfolgen sehr rasch, wobei der Metallstiel den Körper berühren muß, dessen Temperatur untersucht werden soll. Die

Einrichtung ist sehr compendiös; insbesondere hat Coret für ärztliche Zwecke ein Instrument construirt, bei dem die Röhren nicht mehr als 2 Centim. Ausdehnung haben.[1])

Einen Thermotelegraph zur selbstthätigen Anzeige einer bestimmten höheren und einer bestimmten niederen Temperatur durch zwei verschiedene Glockensignale liefert das „Eisenwerk Kaiserslautern" (Deutsches Reichs-Pat. Nr. 2210, 1877 Sept. 1).[2]) Derselbe besteht aus einer U förmigen Röhre, deren Schenkel oben in zugeschmolzene weitere Gefäße enden. Das größere der beiden letzteren ist ganz mit Alkohol, einem Nichtleiter der Elektricität, gefüllt, welcher als thermometrische Substanz dient. Dehnt sich nun dieser aus, so treibt er einen Quecksilberfaden vor sich her, vor dessen Ende sich wieder Alkohol befindet, doch nicht genug, um das zweite Gefäß auszufüllen. In beide Gefäße sind Platindrähte eingeschmolzen, von denen der eine bei der höheren, der andere bei der niederen Temperatur gerade von dem Quecksilberfaden berührt wird. Ein dritter Draht ist in den Bug der Röhre eingeschmolzen, also immer in Contact mit dem Quecksilber. Auf solche Weise wird also beim Eintritt einer der beiden bestimmten Temperaturen der Strom einer Batterie durch die eine oder die andere von zwei verschieden gestimmten elektrischen Klingeln geleitet.

Thermodynamometer von R. Pictet und G. Cellérier.[3]) Dies ist ein sehr empfindliches, nach dem manometrischen Princip construirtes Thermometer, also ein Instrument, bei welchem mit Hilfe eines Manometers oder Barometers zunächst die Spannung des Dampfes einer Flüssigkeit gemessen wird. Als manometrische Substanz dient Quecksilber, als thermometrische Substanz der gesättigte Dampf einer sich leicht verflüchtigenden Flüssigkeit, die verschieden gewählt wird je nach dem Temperaturintervalle, innerhalb dessen die Messungen vorgenommen werden sollen. Zwischen — 180° und — 100° C wird eine Mischung von gleichen Theilen Stickstoffoxydul und Kohlensäure, zwischen — 100° und — 40°

1) Bulletin de la société d'encouragement. Déc. 1879, p. 624.
2) Dinglers Journ., Bd. 231, S. 377.
3) Zeitschrift der österreich. Ges. f. Meteorologie. XIV (1879), S. 248.

die Empfänglichkeit für die verschiedenen Spectralfarben sich erst allmählich entwickelt habe, in der Weise, daß orange früher als gelb, gelb früher als grün ꝛc. unterschieden wurde. Er stützt sich dabei nicht nur auf die Spärlichkeit und Unbestimmtheit der Homer'schen Farbenbezeichnungen, sondern er glaubte ähnliche Erscheinungen auch in den ältesten Schriften der Perser und Inder, im Zendavesta und im Rigveda gefunden zu haben. Insbesondere fiel es ihm auf, daß im Zendavesta, der so großes Gewicht auf Anpflanzungen legt und Bäume und Pflanzen vielfach erwähnt, nirgends der grünen Farbe derselben gedacht wird; eine noch größere Farbenarmuth, welche sich auf den Gegensatz zwischen Roth und Schwarz reducire, glaubt er im Rigveda zu finden.[1]) Aehnlich ist der Gedankengang Weise's[2]), welcher annimmt, die Indogermanen hätten ursprünglich nur zwischen Licht und Dunkel unterschieden; von den Namen für helle Farben seien nur weiß, roth und gelb bereits vor der Trennung der indogermanischen Sprachen in Anwendung gekommen, grün und blau erst weit später, nachdem sich nicht nur die europäischen Sprachen von den asiatischen, sondern auch die süd- von den nordeuropäischen getrennt hätten. In der Ilias komme das Wort grün noch gar nicht vor, erst in den Homerischen Hymnen sei es mit Sicherheit nachweisbar, und die blaue Farbe sei noch lange nach der Homerischen Zeit von den Griechen als eine bloße Abart von schwarz angesehen worden, wie sie auch in den Veden, in den Edden, im Koran und in der Bibel gänzlich fehle.

Im Anfang des Jahres 1877 veröffentlichte Dr. Hugo Magnus in Breslau zwei Schriften über „die geschichtliche Entwickelung des Farbensinnes", in denen er es namentlich unternahm, den Geiger'schen Ansichten eine tiefere physiologische Begründung zu geben und dieselben in eine innige Verbindung mit dem Darwinismus zu bringen.

Gegen die Geiger'sche Hypothese trat aber um dieselbe Zeit Dr. Ernst Krause in Berlin in mehreren Artikeln der Darwinistischen Zeitschrift „Kosmos" auf.[3]) Der Farben-

---

1) Geiger, Ueber den Farbensinn im Alterthum (1867).

2) „Die Farbenbezeichnungen der Indogermanen" in Bezzenberger's Beiträgen II, S. 273 (1878).

3) Bd. I, S. 264 und 428.

sinn, führt Krause aus, erscheint schon deutlich entwickelt bei Insecten und einigen der niedrigsten Wirbelthiere; es ist also nicht wohl anzunehmen, daß er dem Menschen, und stehe er auch auf der tiefsten Stufe der Entwickelung, fehlen sollte. Die von Gladstone, Geiger, Magnus u. A. nachgewiesenen Eigenthümlichkeiten in den Farbenbezeichnungen der ältesten Culturvölker erklären sich theils durch die Mangelhaftigkeit des ursprünglichen Wortvorraths, theils durch das mangelnde Interesse an scharfer Unterscheidung der Farben und verschiedene andere Umstände. Insbesondere hat sich der Gebrauch verschiedener Ausdrücke für einzelne Farben und Farbentöne in engem Anschlusse an die Ausbildung der Färberei und Malerei entwickelt.

Die Ansichten Krause's haben denn auch allgemeine Anerkennung gefunden, und die Hypothesen von der Farbenblindheit Homers und der allmählichen Entwickelung des Farbensinnes bei dem Menschen in historischer Zeit in Geiger's Schrift haben seitdem mehr und mehr Anhänger verloren. Von ausführlicheren Werken über dieses Thema mögen hier die von Grant Allen[1]) und von Prof. A. Marty in Czernowitz[2]) genannt werden.

Die von den Vertheidigern der Farbenblindheit des Alterthums angeführten Thatsachen sind zunächst nicht alle ganz richtig; so ist es insbesondere unbegründet, daß im Zendavesta das Grün der Pflanzenwelt nirgends Erwähnung finde. Der Mond hat im Zendavesta (Yashts, VII, 5) den Beinamen „das Grün entwickelnd", und vorher ist die Rede von dem „Grün der goldfarbigen Bäume." Auch der Rigveda spricht von einem „grünen" Baum (IX, 5, 10) und besitzt ein Wort für blau, **nîla**, das wie das griechische **kyaneos** dunkelfarbig, dunkelblau, schon frühzeitig aber auch rein blau bezeichnet. Im ganzen Alterthum finden wir ferner einen Stein hochgeschätzt, dessen tief dunkelblaue Farbe nahe der äußersten Grenze der Farbenentwickelung nach Geiger und Magnus steht, den Lasurstein

---

1) The Origin and Development of the Colour-Sense. London 1879. Deutsch u. d. T. „Der Farbensinn. Sein Ursprung und seine Entwickelung." Mit einer Einleitung von Dr. Krause. Leipzig 1880.

2) Die Frage nach der geschichtlichen Entwickelung des Farbensinnes. Wien 1879.

bei den alten Indern Vaidûrya, in der Bibel Saphir genannt; außer seiner Farbe kommen ihm keinerlei schätzenswerthe Eigenschaften zu. Mit ihm wird auch in der Bibel der Himmel verglichen, wenn (2. Mos. 24, 10) von Jehova gesagt wird: „Unter seinen Füßen war es wie ein schöner Saphir und wie das Aussehn des Himmels, wenn es klar ist.“ Daß die Griechen der früheren Jahrhunderte die Farben wohl zu unterscheiden vermochten, geht, wie Marty hervorhebt, aus den Ueberresten alter Malereien deutlich hervor. So findet sich schon in den ältesten Tempeln, die hart an die Grenze des sechsten Jahrhunderts v. Ch. hinaufreichen, einzelne Bauglieder mit grünen Blättern bemalt und blau als Hintergrund des Reliefs und als Deckenschmuck.

Uebrigens waren sich die Griechen in der Blüthezeit der hellenischen Literatur der Mangelhaftigkeit der Farbenbezeichnungen bei Homer und anderen älteren Dichtern wohl bewußt, wie aus einer Stelle des Dichters Jon hervorgeht, welche uns Athenäos in seinem „Gelehrtenmahl“ (Deipnosophistae, lib. XIII, cap. 81) aufbewahrt hat.[1] Jon beschreibt darin einen Abend, den er mit dem Tragödiendichter Sophokles auf der Insel Chios verlebt. Letzterer citirt mit Bezug auf das blühende Aussehen eines Knaben, der den Wein einschenkt, den Vers des Phrynikos: „Der Liebe Licht glänzt auf der Purpur-Wange“, worauf ein pedantischer Grammatiker die Bemerkung macht, daß Purpur-Wangen dem Gesicht des Knaben nicht gut stehen würden. Sophokles aber lacht dieses Einwandes und bemerkt, dann dürfte Simonides auch nicht vom Purpurmund eines singenden Mädchens, Homer nicht vom goldhaarigen Apoll und von der rosenfingrigen Göttin sprechen, denn wirklich rosenrothe Finger würden eher einem Rothfärber als einer schönen Frau zukommen.

Mit Recht erklärt daher Marty die auf Farbenblindheit gedeuteten Thatsachen der alten Literatur „theils als Folgen allmählicher Ausbildung des Urtheils für Farben und des Interesses für ihre genaue Bezeichnung; theils sind sie Ausfluß der Gesetze der poetischen Diction, theils endlich wurzeln sie in einer Umwandlung des Farbengefühls.“

---

1) Auf diese Stelle hat Robertson Smith aufmerksam gemacht in Nature XVII, p. 100.

Auch bei anderen Culturvölkern treffen wir schon in den ältesten Zeiten auf Unterscheidung der verschiedenen Farben, wie z. B. Victor von Strauß gezeigt hat[1]), daß in chinesischen Quellen, die theilweise bis zum Jahre 1700 v. Ch. zurückgehen, Namen für die grüne und blaue Farbe, speciell für das Blau des Himmels, der „das gewölbte Blau" genannt wird, und für das Grün der Blätter vorkommen. Auch in den altegyptischen Farbennamen kommen nach Prof. Dümichen blau und grün vor, und in den egyptischen Wandmalereien, die nach Lepsius bis ins vierte Jahrtausend v. Ch. zurückreichen, sind alle Farben vertreten, insbesondere sind Blätter und Gras immer grün, das Wasser blau oder grünlich, Eisengeräthe blau ꝛc.

Bemerkenswerth sind endlich noch die Ergebnisse, zu denen die Untersuchung des Farbensinnes niedrig civilisirter Völker geführt hat. Derartige Untersuchungen sind von Allen, in umfänglicherem Maße aber von dem schon erwähnten Dr. Magnus in Breslau und Dr. Pechuel-Lösche in Leipzig unternommen worden. Die Absicht der letzteren ging wesentlich dahin, durch directe Prüfung den Umfang und die Leistungsfähigkeit des Farbensinnes uncivilisirter Völkerschaften festzustellen und die sprachlichen Bezeichnungen zu sammeln, in denen sich die verschiedenen Bethätigungen des Farbensinnes äußern. Zu dem Zwecke wurden die einzelnen Fragen, deren Beantwortung wünschenswerth schien, auf einem Fragebogen zusammengestellt, der auch eine Scala der wichtigsten Farben: schwarz, grau, weiß, roth, orange, gelb, grün, violett, braun enthielt, um eine directe Prüfung der Farbenempfindung zu ermöglichen. Dieser Fragebogen wurde in zahlreichen Exemplaren an Aerzte, Missionäre, überseeische Handlungshäuser ꝛc. versandt, und aus den an das Museum für Völkerkunde in Leipzig eingeschickten Antworten, die besonders reichlich von Missionären erfolgten, konnten die Resultate gewonnen werden, welche jüngst Dr. Magnus in einer besonderen Schrift veröffentlicht hat.[2])

Im Allgemeinen ist der Umfang des Farbensinnes bei

1) „Ueber die Bezeichnung der Farben Blau und Grün im chinesischen Alterthum" in der Ztschr. der deutschen morgenländischen Gesellschaft, Bd. XXXIII.

2) Magnus, Ueber den Farbensinn der Naturvölker. Jena 1880.

den untersuchten Naturvölkern derselbe wie bei civilisirten Nationen; bei keinem Volksstamme ließ sich als Raceneigenthümlichkeit ein völliger physiologischer Mangel der Empfindlichkeit für eine der vier Hauptfarben: roth, gelb, grün, blau nachweisen. Aber die Kenntniß dieser Farben ist nicht bei allen Naturvölkern völlig gleichmäßig ausgebildet; denn während manche Völker nicht bloß in der Kenntniß der Hauptfarben, sondern auch in der Unterscheidung weniger deutlicher Schattirungen, Misch- und Uebergangsfarben große Fertigkeit an den Tag legten, waren andere in der Unterscheidung der Uebergangsfarben wenig erfahren und wieder andere bewiesen gewissen Hauptfarben gegenüber, wenn auch nicht wirkliche Empfindungslosigkeit, so doch eine deutlich ausgesprochene Empfindungsträgheit.

Das Letztere gilt vorzüglich für die Farben kürzerer Wellenlänge: grün und besonders blau; es ist erstaunlich, wie gering bei manchen Stämmen die Kenntniß dieser beiden Farben ist. Insbesondere ist dies der Fall bei den Stämmen der Irula, Badaga, Koda und Toda in den Bergzügen der Nilagiri im südlichen Ostindien, deren Farbensinn fast nur in der Kenntniß des Roth entwickelt ist. Von den Bewohnern der Loyaltyinseln berichtet der eine Fragebogen: „Die Eingebornen dieser Insel erkennen und unterscheiden sehr gut Farben, aber verwechseln die ihnen beigelegten Namen. Derselbe Mann nennt grün violett, offenbar aus Mangel an Uebung in der Bezeichnung der Farbe. Aber ich habe niemals gefunden, daß sie schwarz, weiß, roth verwechseln."

Zahlreiche Belege für die feinere Entwickelung der Empfindung für roth und gelb gegenüber der für blau und grün liefern die Völkerschaften Afrikas. Das Hirtenvolk der Damara oder Ovaherero an der Westküste weiß die Farben zu benennen, soweit sie mit denen der Rinder, Schafe und Ziegen übereinstimmen; was aber keine Viehfarbe ist, besonders blau und grün, wissen sie nicht zu benennen, sie vermögen aber die Farben zu unterscheiden und gebrauchen, wenn nöthig, Fremdworte. Da es ihnen nicht auf genaue Ausdrücke ankommt, so gebrauchen sie nicht selten ihr eigenes Wort für das Fahlgelb der Rinder für grün und wohl auch für blau. Die meisten von ihnen sind mit der Civilisation in einige Berührung

gekommen, und es ist ein großer Unterschied im Farbensinn zwischen den etwas civilisirten und den gänzlich uncivilisirten nicht zu finden: letztere unterscheiden die Farben auch, können aber für grün und blau keine Namen angeben und finden es sehr lächerlich, daß es solche geben soll. Dasselbe Volk hat zahlreiche Benennungen für Färbung und Zeichnung der Thiere, die zum Theil dem Auge des Europäers schwer unterscheidbar sind; wenn also für zwei so deutlich unterschiedene Farben wie grün und blau Benennungen fehlen, so kann die Ursache nicht in einer zu geringen Plasticität der Sprache liegen. Ebenso ist auch bei vielen Kaffern- und Basutostämmen der Farbensinn und die Sprache im Bezug auf die Thierfarben außerordentlich entwickelt, und es besitzt z. B. die Kaffernsprache mehr als 26 verschiedene Ausdrücke für die Färbung und Zeichnung des Rindviehs; blau und grün aber, das sie doch unterscheiden können, wird mit demselben Wort bezeichnet. Fast scheint es zweifellos, daß der Grund hierfür nur in einer gewissen Gleichgültigkeit gegen diese Farben zu suchen ist. Auch die Tschi-Neger an der Goldküste zeigen gegen die Farben mittlerer und kürzerer Wellenlänge solche Indifferenz, daß die Missionäre anfangs glaubten, sie könnten nur weiß, schwarz und roth unterscheiden. Der Missionär Christaller hat dafür die ganz zutreffende Erklärung gegeben, daß nämlich diese Neger keine besondere Veranlassung zur Unterscheidung der Farben finden, zumal die Vegetation der Goldküste an Farben arm ist.

Auch bei den Nubiern, die sich in Berlin und anderen großen Städten Deutschlands producirten, hat Virchow eine gewisse Reactionsträgheit gegen Farben mittlerer und kürzerer Wellenlänge bemerkt.

Dagegen versichert Magnus, daß in keinem einzigen Falle eine Reactionsträgheit gegen roth nachweisbar war.

Als Hauptresultat stellt Magnus hin, daß die Farbenbezeichnung nur im Gebiete der langwelligen Farben eine sichere ist, an der Grenze zwischen gelb und grün aber bei zwei Dritttheilen der untersuchten Stämme ihre feste Gestalt verliert und unsicher und verschwommen wird; nur selten reicht die sichere Terminologie noch ins Grün hinüber. Niemals hat sich umgekehrt eine festgegliederte Nomenclatur im Grün und

Blau und eine schwankende im Roth und Gelb nachweisen lassen.

Magnus gesteht ausdrücklich zu, daß der Satz, auf welchen hauptsächlich sich die Geiger'sche Beweisführung stützte, nämlich die vollständige und gleichzeitige Uebereinstimmung zwischen Farbensinn und Farbenterminologie, durch diese Untersuchungen als irrig dargethan ist. Die sprachlichen Befunde gestatten keinen unmittelbaren Rückschluß auf die jeweilige Farbenkenntniß. Insbesondere erweisen sich die Versuche als verfehlt, welche die einzelnen Phasen der Entwickelung des Farbensinnes in zeitlich bestimmte Grenzen verweisen wollten, deren Enge oder Weite lediglich durch die Zeiträume bestimmt wurde, aus deren Literatur die mangelhafte Farbennomenclatur entlehnt war.

Die Theorie der Entwickelung des Farbensinnes an sich will freilich Magnus deshalb noch nicht in Zweifel ziehen, die Beweise für ihre Richtigkeit möchte er aber lieber dem Gebiete der Physiologie als der vergleichenden Sprachforschung entlehnen.

Wärmelehre.

Thermometrie.

Metallthermometer von Coret (Paris, Boulevard de Straßbourg 31). Dieses von V. de Luynes sehr warm empfohlene Instrument besteht aus einer Anzahl concentrischer Röhren von verschiedenen Metallen (z. B. Zink und Stahl), deren Enden abwechselnd an einander gelöthet sind. Da bei Veränderung der Temperatur die verschiedenen Metalle sich verschieden ausdehnen, so wird auch der Abstand zwischen dem freien Ende der ersten und letzten Röhre ein wechselnder sein. Durch Zahnrad und Hebel werden diese Veränderungen auf einen Zeiger übertragen, der sich auf einem Zifferblatte bewegt. Die Gestalt des Thermometers ist entweder dosenartig, wie bei einem Aneroidbarometer, oder stielförmig. Die Angaben erfolgen sehr rasch, wobei der Metallstiel den Körper berühren muß, dessen Temperatur untersucht werden soll. Die

Einrichtung ist sehr compendiös; insbesondere hat Soret für ärztliche Zwecke ein Instrument construirt, bei dem die Röhren nicht mehr als 2 Centim. Ausdehnung haben.[1])

Einen Thermotelegraph zur selbstthätigen Anzeige einer bestimmten höheren und einer bestimmten niederen Temperatur durch zwei verschiedene Glockensignale liefert das „Eisenwerk Kaiserslautern" (Deutsches Reichs-Pat. Nr. 2210, 1877 Sept. 1).[2]) Derselbe besteht aus einer Uförmigen Röhre, deren Schenkel oben in zugeschmolzene weitere Gefäße enden. Das größere der beiden letzteren ist ganz mit Alkohol, einem Nichtleiter der Elektricität, gefüllt, welcher als thermometrische Substanz dient. Dehnt sich nun dieser aus, so treibt er einen Quecksilberfaden vor sich her, vor dessen Ende sich wieder Alkohol befindet, doch nicht genug, um das zweite Gefäß auszufüllen. In beide Gefäße sind Platindrähte eingeschmolzen, von denen der eine bei der höheren, der andere bei der niederen Temperatur gerade von dem Quecksilberfaden berührt wird. Ein dritter Draht ist in den Bug der Röhre eingeschmolzen, also immer in Contact mit dem Quecksilber. Auf solche Weise wird also beim Eintritt einer der beiden bestimmten Temperaturen der Strom einer Batterie durch die eine oder die andere von zwei verschieden gestimmten elektrischen Klingeln geleitet.

Thermodynamometer von R. Pictet und G. Cellérier.[3]) Dies ist ein sehr empfindliches, nach dem manometrischen Princip construirtes Thermometer, also ein Instrument, bei welchem mit Hilfe eines Manometers oder Barometers zunächst die Spannung des Dampfes einer Flüssigkeit gemessen wird. Als manometrische Substanz dient Quecksilber, als thermometrische Substanz der gesättigte Dampf einer sich leicht verflüchtigenden Flüssigkeit, die verschieden gewählt wird je nach dem Temperaturintervalle, innerhalb dessen die Messungen vorgenommen werden sollen. Zwischen — 180° und — 100° C wird eine Mischung von gleichen Theilen Stickstoffoxydul und Kohlensäure, zwischen — 100° und — 40°

---

1) Bulletin de la société d'encouragement. Déc. 1879, p. 624.
2) Dinglers Journ., Bd. 231, S. 377.
3) Zeitschrift der österreich. Ges. f. Meteorologie. XIV (1879), S. 248.

eine dieser Substanzen allein, zwischen — 40° und + 25° das reine Anhydrid der schwefligen Säure, zwischen + 25° und + 90° rectificirter Schwefeläther, zwischen + 90° und + 200° C destillirtes Wasser verwendet. Die thermometrische Flüssigkeit befindet sich in dem einen Schenkel einer ∩ förmigen Röhre, an dem andern Schenkel ist ein Gefäß mit Quecksilber angebracht, von dem dann das oben zugeschmolzene, gleichfalls Quecksilber und darüber einen luftleeren Raum enthaltende Manometerrohr aufsteigt. Zu der beobachteten Höhe der Quecksilbersäule im Manometer kann man die Temperatur entweder nach einer von Pictet und Cellérier gegebenen Formel berechnen oder, was bequemer ist, aus einer graphischen Darstellung entnehmen, in welcher die Quecksilberhöhe als Abscisse, die Temperatur als Ordinate einer Curve erscheint.

Das Instrument ist so empfindlich, daß man bei den tiefsten Temperaturen noch Aenderungen von 0°,005, bei höheren noch solche von 0°,0002 C bequem beobachten kann.

Pictet und Cellérier haben nach demselben Princip auch einen selbst registrirenden Thermographen construirt.

Eine kurze vorläufige Erwähnung mag auch hier ein von Sir William Thomson angegebenes Wasserdampf-Thermometer [1]), finden, welches sich auf die von Regnault und andern gegebene Relation zwischen Temperatur und Spannung des Wasserdampfes gründet.

Pyrometrie mittels Metalllegirungen. Um die von Prinsep im Jahre 1827 vorgeschlagene [2]) Verwendung von Silber-Gold-, sowie von Gold-Platin-Legirungen für pyrometrische Zwecke womöglich in die Praxis einzuführen, haben Prof. Dr. Erhard und Dr. A. Schertel in Freiberg die Schmelzpunkte derartiger Legirungen einer genaueren Prüfung unterworfen.[3]) Zwar sind solche Legirungen wiederholt, unter andern auch von Plattner bei seinen Bestimmungen der Temperaturen von Schlackenbildung und Schmelzpunkten, benutzt werden; aber da man keinen der in Frage

1) Nature XXII, p. 91.
2) Ann. de chimie et de physique. 1829, T. 41, p. 247.
3) „Die Schmelzpunkte der Prinsep'schen Legirungen und deren pyrometrische Verwendung", im „Jahrb. f. d. Berg- und Hüttenwesen im Kgr. Sachsen" auf d. J. 1879.

kommenden Schmelzpunkte genauer kannte, so standen die Resultate ganz außer Beziehung zu anderweitigen Temperaturangaben, denn die gewöhnlichen Angaben der Schmelztemperatur des Silbers zu 1000°, des Goldes zu 1200° und des Platins konnten nur als conventionelle Zahlen gelten. Auch ist das den Bestimmungen Plattner's zu Grunde liegende Princip „durchaus willkürlich gewählt und wenn auch nicht ohne eine gewisse Wahrscheinlichkeit für mittlere Strengflüssigkeit, so doch in seinen Consequenzen ganz unhaltbar." Dieses Princip war nämlich folgendes: Schmilzt die Menge A einer Substanz vom Schmelzpunkte S gleich leicht vor dem Löthrohre, wie eine Legirung, welche a Gewichtstheile eines Metalls vom Schmelzpunkte s und b Gewichtstheile eines andern Metalles vom Schmelzpunkte x enthält, so ist $AS = as + bx$. Auf Grund der von ihnen mit einem Porzellanluftthermometer angestellten Messungen geben nun Erhard und Schertel die folgende Tabelle über die Schmelzpunkte der Silber-Gold- und Gold-Platin-Legirungen:

Zusammensetzg in Proc.	Schmelzpunkt	Zusammensetzg. in Proc.	Schmelzpunkt	Zusammensetzg. in Proc.	Schmelzpunkt
Ag	954°	80 Au 20 Pt	1190°	35 Au 65 Pt	1495°
80 Ag 20 Au	975°	75 „ 25 „	1220°	30 „ 70 „	1535°
60 „ 40 „	995°	70 „ 30 „	1255°	25 „ 75 „	1570°
40 „ 60 „	1020°	65 „ 35 „	1285°	20 „ 80 „	1610°
20 „ 80 „	1045°	60 „ 40 „	1320°	15 „ 85 „	1650°
Au	1075°	55 „ 45 „	1350°	10 „ 90 „	1690°
95 Au 5 Pt	1100°	50 „ 50 „	1385°	5 „ 95 „	1730°
90 „ 10 „	1130°	45 „ 55 „	1420°	Pt	1775°
85 „ 15 „	1160°	40 „ 60 „	1460°		

Die für das Silber gegebene Zahl 954° rührt von Violle[1]) her; aus calorimetrischen Versuchen hat derselbe für Platin 1779° abgeleitet. Ferner hat Becquerel auf Grund von Untersuchungen mit dem Platinluftthermometer angegeben[2]),

1) Comptes rendus LXXXV, p. 543.
2) Ibid. LV, p. 826.

das der Schmelzpunkt des Silbers 960° nicht überschreite, der des Goldes 1092 nicht erreiche.

Mit Hilfe solcher Legirungen haben Erhard und Schertel die Schmelzpunkte verschiedener Schlacken, Mineralien und Gesteine bestimmt; sie fanden beispielsweise für die Schlacke der Erzarbeit auf Muldener Hütte 1030°, für Kupfersteinconcentrationsschlacke 1045°, für Melaphyr von Mulatto und Pechstein von Arran 1106°, für Leucitbasalt vom Pöhlberg bei Annaberg 1130°, Asbest ungefähr 1300°, Temperatur im Porzellanofen, mittels Scharffeuer, 1460°. Die Schmelzpunkte der verschiedenen Hüttenproducte, welche Plattner (in der Beilage zu der Schrift von F. Th. Merbach, „Anwendung der erhitzten Gebläseluft im Gebiete der Metallurgie", Leipzig 1840) mittels Prinsep'scher Legirungen ermittelt hat, sind in Folge gänzlicher Veränderung der Hüttenprocesse heutigen Tags von geringem Interesse; doch verdient seine Bestimmung für Kupfer (entsprechend der Legirung 95 Proc. Au und 5 Pt) = 1100° Erwähnung. Von bleibendem Interesse ist aber ein anderer Theil der Plattner'schen Arbeit, der die Bestimmung der Temperaturen zum Gegenstande hat, bei welcher die Bildung verschiedener Silicate erfolgt. Für eine größere Zahl dieser Bestimmungen haben Erhard und Schertel auf Grund der oben angegebenen Tabelle die Temperaturen berechnet; doch müssen wir bezüglich dieser Angabe auf die Originalabhandlung verweisen.

Später hat Schertel noch im Bergmännischen Verein zu Freiberg über weitere Bestimmungen der Schmelzpunkte verschiedener Mineralien Bericht erstattet.[1]) Es schmolz Almandin zwischen 1130° und 1160°, gemeine Hornblende von Marienberg bei 1130°, basaltische Hornblende von Luckow bei Teplitz bei 1166°, Amphibol aus dem Zillerthal zwischen 1385° und 1413°, Adular vom St. Gotthard zwischen 1400° und 1420°, Bronzit von Kupferberg in Böhmen zwischen 1420° und 1436°; Turmalingranit von Mulatto und Glimmerporphyr von der Knorre begannen theilweise zu schmelzen bei 1227°, doch zeigte der letztere noch bei 1400°, der erstere sogar noch bei 1452° ungeschmolzene Partien.

---

1) Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1880, S. 87.

Elektricität und Magnetismus.

Erregung der Elektricität.

Influenzmaschinen.[1]) Wie die dynamoelektrische Maschine, so hat auch die Influenzmaschine den Zweck, Arbeit in Elektricität zu verwandeln. Doch ist es nicht ihre Aufgabe, möglichst viel Elektricität nach Art der galvanischen Ströme in Bewegung zu setzen, vielmehr soll sie, ähnlich wie die alte Elektrisirmaschine oder der Funkeninductor, Elektricität von hoher Spannung erzeugen. Da aber die umgewandelte Arbeitsgröße stets dem Product aus Elektricitätsmenge und Spannung proportional ist, so geht an Menge der Elektricität verloren, was an Spannung gewonnen wird. Daher kommt es, daß die Influenzmaschinen, insbesondere die Holtz'schen, bisher fast nur von Physikern zur Herstellung starker Batterieladungen, zu Spectralbeobachtungen und andern wissenschaftlichen Zwecken verwendet worden sind.

Professor A. Töpler in Dresden ist aber durch neuere Versuche zu der Erkenntniß gelangt, daß die Influenzmaschine rücksichtlich der entwickelten Elektricitätsmenge einer erheblichen Vervollkommnung fähig ist.

Schon der Elektrophor und jeder elektrische Condensator, bestehend aus zwei auf einander passenden Metallplatten A und B, die an den Berührungsflächen mit einer isolirenden Schicht bedeckt sind, kann als Maschine zur Umwandlung mechanischer Arbeit in elektrische Energie betrachtet werden. Legt man nämlich die Platte A auf den Isolirtisch und ladet sie positiv, legt dann B darauf und berührt sie mit einem zur Erde geleiteten Drahte, so ladet sie sich negativ, während sich die Spannung in A vermindert. Man kann diese Spannungsverminderung als elektrische Arbeitsleistung in Gestalt eines Funkens gewinnen, wenn etwa der Draht an einer Stelle eine Unterbrechung hat. Hebt man nun nach Entfernung des Drahtes die Platte B ab, so hat man die Anziehung der beiden Platten zu überwinden, also Arbeit zu leisten, durch

---

1) „Zur Kenntniß der Influenzmaschine und ihrer Leistungen" von A. Töpler. Elektrotechnische Zeitschrift, Febr. 1880, S. 56.

welche auf A die alte Spannung hergestellt und auf B eine Spannung erzeugt wird. Den letzteren Arbeitsantheil gewinnt man als Funken und stellt zugleich den ursprünglichen Zustand des Systems wieder her, wenn man B durch einen Draht entladet; doch kann man auch eine andere Wirkung der Influenzelektricität gewinnen. Die ganze mechanische Arbeit des Experimentators wird auf diese Weise in elektrische Leistungen umgesetzt, wenn sonst keine Bewegungshindernisse auftreten. Auch genügt es, die Platten einander genügend zu nähern, ohne daß sie sich berühren. Gar zu oft kann man freilich das Experiment nicht wiederholen, da die Platte A durch die elektrische Zerstreuung ihre Ladung sehr rasch verliert.

Dieser Uebelstand läßt sich aber beseitigen und sogar eine Steigerung des Arbeitsumsatzes bewirken durch Combination zweier Condensatoren A, B und C, D von gleicher Beschaffenheit. A und C mögen getrennt auf isolirende Unterlagen gelegt, dann B und D aufgelegt und durch ableitende Drähte mit der Erde verbunden werden; hierauf werde A eine positive und C eine ebensostarke negative Ladung ertheilt, worauf die Platten B und D durch Influenz entgegengesetzte Ladungen annehmen. Man kann dann die beiden geladenen Condensatoren auf doppelte Weise in Wechselwirkung setzen:

1. B wird mit D vertauscht, nachdem die Ableitungsdrähte für einen Augenblick entfernt worden sind. Dadurch kommt + zu + und — zu — Elektricität, wodurch hohe Spannung entsteht. Bei Anlegung der Ableitungsdrähte wird die geleistete Arbeit als Entladungsfunke gewonnen, die Spannung verschwindet und das System ist wieder in dem ursprünglichen Zustande.

2. Nach Entfernung des Drahtes wird B von A isolirt abgehoben; D bleibt auf C liegen. Die — Ladung auf B gewinnt nun Spannung und wenn B einen Augenblick metallisch mit C verbunden wird, so fließt — Elektricität von B nach C, die Ladung von C wird verstärkt. Nun wird B wieder auf A gelegt und ableitend mit der Erde verbunden. D isolirt von C abgehoben und dann metallisch mit A verbunden, so wird die Ladung von A verstärkt. Diese Operation kann nun abwechselnd wiederholt werden, und bei jeder Wiederholung steigt unter entsprechendem Arbeitsverbrauch die Ladung in

einem constanten Verhältnisse, weshalb der Proceß eine Multiplication genannt wird. Durch die unvermeidlichen Electricitätsverluste ist der Steigerung der Ladung schließlich eine Grenze gesetzt.

Denkt man sich nun die Einzelbestandtheile auf einem Rotationsmechanismus angebracht, welcher den richtigen Stellungswechsel der Platten besorgt und durch Contactfedern in den richtigen Augenblicken die richtigen Drahtverbindungen herstellt, so daß entweder jedesmal auf die Operation Nr. 1 die Doppeloperation Nr. 2 folgt oder auch beide Operationen neben einander herlaufen, so hat man das Schema der jetzt üblichen Influenzmaschine. Die Platten A und C, welche feststehend oder beweglich sein können, hat Thomson „Inductoren" genannt; in den Ableitungsdrähten von B und D kommt die nutzbar gemachte Arbeit in Form elektrischer Strömungen zum Vorschein, und es können dieselben, da ihnen fortwährend entgegengesetzte Elektricitäten zugeführt werden, ganz wie Poldrähte anderer elektromotorischer Apparate benutzt werden.

Das Multiplicationsprincip hat übrigens schon Nicholson 1788 in seinem „Duplicator" zu elektroskopischen Zwecken verwendet, an eine Benutzung zur Elektricitätserzeugung scheint aber erst Varley 1860 gedacht zu haben. Aber derselbe hatte nur die successive Elektricitätsanhäufung, ähnlich wie bei der Operation Nr. 2, im Auge, und erst Töpler und Holtz legten 1865 bei den von ihnen angegebenen Apparaten auf die Gewinnung eines stetigen Entladungsstromes Gewicht; Holtz gebührt das Verdienst, zuerst eine sehr wirksame Maschine von größter Einfachheit hergestellt zu haben. Indessen ist die Elektricitätsmenge, welche eine solche Maschine liefert, mit galvanischen Strömen verglichen, sehr unbedeutend: der Strom einer einfachen Holtz'schen Maschine mittler Größe würde gegen 40 Stunden Zeit brauchen, um durch Wasserzersetzung ein Cubik-Centim. Knallgas zu liefern. Die von Holtz 1878 angegebene Doppelmaschine liefert etwa die dreifache Stromstärke.

Um nun die Ergiebigkeit der Maschine soweit zu steigern, daß ein bequemer Vergleich mit den galvanischen und elektromagnetischen Strömen möglich wird, ist nur erforderlich, die in der Zeiteinheit zur Wirksamkeit gelangenden Flächengrößen entsprechend zu vermehren. Damit dies im kleinen Raume ermöglicht

werde, hat Töpler früher die Anwendung sehr vieler Scheiben auf derselben Rotationsachse mit Influenzirung durch dazwischen gestellte Inductoren vorgeschlagen. Indessen hat der ziemlich complicirte Apparat den Erwartungen nur theilweise entsprochen. Neuerdings aber ist ihm die Construction einer solchen Maschine in befriedigender Weise gelungen.[1])

Auf einer horizontalen Rotationsachse sind in kleinen Abständen sehr viele kleine kreisförmige Glasscheiben befestigt. In die engen Zwischenräume ragt von jeder der beiden Seiten ein System gut isolirter Inductorplatten hinein; doch so, daß dabei je ein Zwischenraum übersprungen wird, sodaß also auf jeder Seite nur halb so viel Inductoren sind, als die Zahl der Scheiben beträgt. In die unbesetzten Zwischenräume greift links und rechts je ein System horizontaler Spitzenkämme ein, deren Spitzen gegen die Rotationsrichtung gekehrt sind. Sind nun beispielsweise die Inductoren rechts mit + E., die links mit — E. geladen, so wirkt jeder Inductor durch Influenz auf die Nachbarscheiben, und ebenso wirkt jeder Kamm doppelt. Werden dann die beiden Kämme durch einen Draht verbunden, so entsteht in diesem ein starker Strom, der nach dem Experiment Nr. 1 zustande kommt.

Um die beiden Inductorensysteme mit der nöthigen Ladung zu versehen, sind die beiden an den Enden befindlichen rotirenden Scheiben als kleine selbstladende Influenzmaschinchen eines früher von Töpler beschriebenen[2]), aber, wie es scheint, wenig bekannten Systemes construirt. Eine solche Maschine hat eine Glasscheibe, zwei Inductoren und ein System von Spitzenkämmen; an jedem Kamme fehlt aber ein Zahn, wofür eine Contactfeder eingesetzt ist. Auf der Glasscheibe sind in der Nähe des Randes kleine Metallblätter aufgeklebt, welche mit Hervorragungen an die Federn stoßen. Die leitenden Verbindungen der Kämme und Inductoren sind so geordnet, daß durch die Metallblätter die Multiplication von selbst beginnt; dadurch kommen dann die Spitzen in Thätigkeit und setzen den Prozeß energisch fort, wobei der ganze Scheibenrand unter den Kämmen elektrisirt wird. Die Spur von Ladung, welche

1) Monatsberichte der Berliner Akademie vom 11. December 1879, S. 950.

2) Tageblatt d. Naturforscher-Versammlung in Kassel 1878, S. 140.

stets in der Maschine vorhanden ist, reicht hier hin, die letztere in Thätigkeit zu setzen, während es bei der Holtz'schen Maschine einer kräftigen Anregung durch einen elektrisirten Körper bedarf. Daher kommt nun auch die neue Töpler'sche Maschine mit vielen Glasscheiben sofort in Thätigkeit, wenn man sie zu drehen beginnt. Indessen ist bei ihr die Multiplication nicht auf die Thätigkeit der Endscheiben beschränkt, vielmehr tragen in Folge einer eigenthümlichen Form und Lage der Inductoren auch alle mittleren Scheiben dazu bei. In der über diese Maschine der Berliner Akademie gemachten Mittheilung hat Töpler näher gezeigt, daß in ihr ein eigenthümlicher Multiplicationsproceß vor sich geht, bei welchem nicht die Elektricitätsmenge, wohl aber die Spannung in den Inductoren gesteigert wird. Derselbe läßt sich auch für sich allein in einer einfachen Maschine verwirklichen, deren Princip nichts gemein hat mit dem der bisherigen Influenzmaschinen. Töpler führt hierauf die große Energie zurück, mit welcher sich seine neue Maschine bis zu der erforderlichen Spannung ladet.

Die zuerst ausgeführten Maschinen haben jede 20 kleine Scheiben von nur 13 Centim. Halbmesser; der ganze Apparat mit Ausschluß des Bewegungsmechanismus nimmt nur etwa 0,05 Cubikm. Raum ein. Töpler hält kleine Scheiben mit großer Rotationsgeschwindigkeit für vortheilhaft, namentlich damit die Spannung nicht größer werde, als man sie bei den meisten Experimenten braucht. Bei bequemer Drehung macht die Maschine 20 Rotationen in der Secunde, der totale Arbeitsverbrauch beträgt dabei ungefähr 4 Meter-Kilogr. Ungefähr die Hälfte davon wird in Elektricität umgesetzt; doch kommt in Folge der Spitzenwirkung nur ein Bruchtheil hiervon im Schließungskreise zum Vorschein. Die so gewonnene Elektricitätsmenge beträgt etwa das 20fache der aus einer Holtz'schen Maschine gewonnenen. Der Strom bringt das, allerdings sehr empfindliche, polarisirte Relais von Siemens zum Sprechen. Hauptsächlich aber tritt die Wirkung der Maschine beim Batterieladen zu Tage: eine mit der Maschine verbundene Batterie von 18 großen Leidener Flaschen giebt in je 0,6 Secunden einen Funken, der einen feinen Platindraht glühend macht; der Funkenstrom kleiner Flaschen erreicht 120 bis 130 Millim. Schlagweite.

Als Töpler 3 Maschinen der angegebenen Beschaffenheit

kuppelte, konnte noch ein einzelner Arbeiter, wiewohl mit Anstrengung, anhaltend die Drehung besorgen. Dabei wurde eine große Leidener Flasche etwa 40 mal in der Secunde durch einen Schlagraum von 10 Millim. mit unerträglichem Lärm entladen; die einzelnen Funken waren nicht mehr zu unterscheiden, man sah nur einen blendend weißen Lichtfaden, dessen photometrische Helligkeit etwa 1,4 Kerzenflammen betrug. Ein 0,2 Millim. dicker Platindraht wurde in permanentem Glühen erhalten, indem man 8 bis 10 mal in der Secunde die Batterie durch ihn entlud. Der Strom verursachte ferner eine sichtbare Wasserzersetzung in einem Voltameter, dessen Platten sich mit Oberflächen von 150 Quadratmillim. gegenüberstanden. Zur Bildung von 1 Cubcentim. Knallgas würde der Strom aber immer noch 38 Minuten Zeit brauchen. Um vor 20 Jahren auf elektrostatischem Wege solche Wirkungen zu erhalten, hätte man einige hundert gute Reibungselektrisirmaschinen zusammen in Thätigkeit setzen müssen.

Leider stellen sich beim Gebrauch der Influenzmaschine Uebelstände ein, die ihrer Verwendung zu technischen Zwecken hindernd entgegentreten. Bei sehr lange anhaltender Benutzung läßt sie nämlich in der Wirksamkeit merklich nach, weil die Isolirungsfähigkeit der gefirnißten Oberflächen durch die Thätigkeit der Maschine leidet. Auf den elektrisch geladenen Flächen setzt sich ein rußartiger Niederschlag ab, auch scheint die Ozonentwickelung auf den Harzüberzug zu wirken. Man kann allerdings dem Staubansatz durch passenden Verschluß, der Ozonbildung (nach G. Wiedemann's Vorschlag) durch Terpentindämpfe, der Luftfeuchtigkeit durch Zuführung eines mäßig erwärmten Luftstroms entgegenwirken. Immer aber wird von Zeit zu Zeit eine gründliche Reinigung und Erneuerung der Isolirschichten sich nöthig machen.

Verbesserung der Leclanché-Elemente.[1] Neuerdings stellt Leclanché aus dem Gemenge von Manganhyperoxyd und Kohle, dessen er sich bei der älteren Form seiner Kette (s. dieses Jahrb. V S. 162) zur Depolarisation bedient, Tafeln von etwa 1/2 Quadratdecim. Fläche auf einer hydraulischen Presse her, die er auf die Platte aus Retortenkohle aufklammert. Der

1) Comptes rendus LXXXVII, p. 329.

innere Widerstand hängt in dem so verbesserten Elemente nicht mehr von dem Leitungsvermögen des Gemisches, sondern nur noch von dem Leitungsvermögen der erregenden Salmiaklösung ab, welches durch das Zinkchlorür, das sich bildet, eher noch vermehrt wird. Das Depolarisationsvermögen der Tafeln ist noch ausreichend, wenn sich nicht mehr als einige Zehntel Mangansuperoxyd in der Masse befinden; ist ein Element ausgenutzt, so braucht man nur die depolarisirende Tafel auszuwechseln. Gewicht und Volumen des depolarisirenden Gemisches sind auf solche Weise um mehr als die Hälfte vermindert, und der Widerstand läßt sich durch Vermehrung oder Verminderung der Zahl der depolarisirenden Tafeln verändern.

Pulvermachers neues galvanisches Element[1]) mit einer Erregungsflüssigkeit hat als positiven Pol einen Zinkstab, der in einer porösen, mit verdünnter Schwefelsäure, kaustischer Kali- oder Salmiaklösung gefüllten Zelle steht, welche äußerlich mit einem in kleine Schlingen gelegten Silberdrahte spiralförmig bewickelt ist. Die Drahtwindungen liegen so weit aus einander, daß Capillarwirkungen nicht eintreten können; dagegen berührt der Draht an unzähligen Stellen die durch die Poren der Zelle dringende Flüssigkeit, und an diesen Stellen übt die umgebende Luft ihre oxydirende Wirkung, wodurch das Element depolarisirt wird. Zum Schutze gegen zufälligen kurzen Schluß ist der Zinkstab oben mit Kautschuk bedeckt, die poröse Zelle aber umgiebt zum Schutz gegen Verletzungen ein Hartgummiring. In einem Stromkreise von 10 Ohm Widerstand verminderte sich die elektromotorische Kraft in 10 Minuten um etwa 16 Proc., nahm aber nach 3 Minuten Ruhe die frühere Größe wieder an. Sie betrug bei Füllung mit kaustischem Kali 1,5 Volt, bei verdünnter Schwefelsäure (1 : 10) nahezu 2 Volt. Ein Element mit 14 Centim. hoher und 35 Centim. weiter Zelle hatte einen Widerstand von 1,3 Ohm.

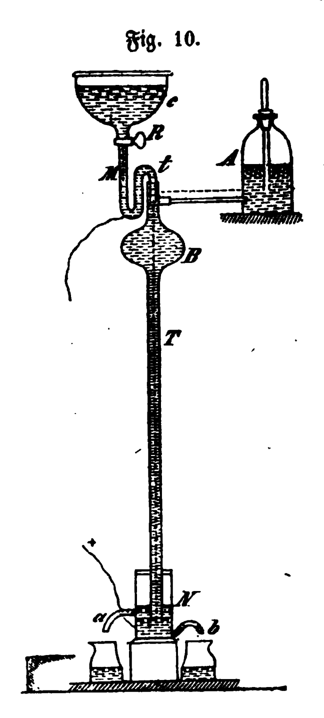
Debrun's Capillar-Elektromotor[2]) besteht aus einer Capillarröhre T (Fig. 10), in welcher Quecksilber tropfenweis herabfällt, so daß sich mit Schwefelsäure versetztes Wasser zwischen je zwei Tropfen befindet. Die obere Quecksilbermasse

1) Dingler's Polytechn. Journal, Bd. 232, S. 546.

2) Engineering 1880, Vol. 29, S. 257; Centralzeitung für Optik &c. 1880, S. 74.

M bildet die eine, die untere N die andere Elektrode. Durch den Hahn R wird der Ausfluß des Quecksilbers aus dem Behälter C regulirt, das im Verhältniß 1:16 angesäuerte Wasser aber wird vom Quecksilber aus dem Behälter B mitgenommen und durch die Mariotte'sche Flasche A immer auf gleicher Druckhöhe erhalten. Unten fließt das Wasser durch das Ansatzrohr a, das Quecksilber durch das Röhrchen b in untergesetzte Gefäße. Das untere Ende der Röhre T muß in das im Gefäße N befindliche Quecksilber tauchen, weil sonst durch Formänderung des Quecksilbertropfens ein Gegenstrom erregt wird. Der Durchmesser der Röhre T, die Debrun benutzt, nimmt von 2,5 Millim. oben bis auf 1 Millim. unten ab: sie soll 30 Centim. Höhe haben und mindestens 20, höchstens 34 Quecksilbertropfen fassen; dabei beträgt die elektromotorische Kraft 1,4 Volt und der Strom vermag Wasser zu zersetzen. Der Kraftaufwand entspricht 2 Kilogr. Quecksilber, das um 25 Centim. in der Secunde fällt, gleich 0,5 Meter-Kilogr. Debrun erhielt den Apparat 24 Stunden in Thätigkeit, um ein 5 Centimeter-Stück stark zu versilbern.

Fig. 10.



Entladung der Elektricität.

Crookes' strahlende Materie. Der eigenthümliche Ausdruck „strahlende Materie" (radiant matter) rührt schon von Faraday her, der im Jahre 1816 als ein junger Mann von 24 Jahren einen Vortrag unter diesem Titel hielt, und auch noch später sich mit dem Gedanken beschäftigte, daß außer

den bekannten drei Aggregatzuständen wohl noch ein vierter, ein Ultra-Gaszustand, existiren möge, den er eben durch jenen Ausdruck bezeichnen wollte. Er denkt sich diesen Zustand ebenso weit und in gleichem Sinne verschieden von dem gasförmigen Zustande, wie es dieser vom flüssigen Aggregatzustande ist.

Durch gewisse Erscheinungen, die man beim Durchgange der Elektricität durch Gase im Zustande äußerster Verdünnung beobachtet, ist nun, wie bereits im vorigen Jahrg. dieses Jahrb., S. 215, erwähnt, der englische Physiker William Crookes veranlaßt worden, diesen Faraday'schen Gedanken wieder aufzunehmen, und in einem vor der Versammlung der British Association in Sheffield am 22. August vor. J. gehaltenen Vortrage hat er die betreffenden Erscheinungen, sowie die aus denselben gezogenen Folgerungen vorgeführt.[1])

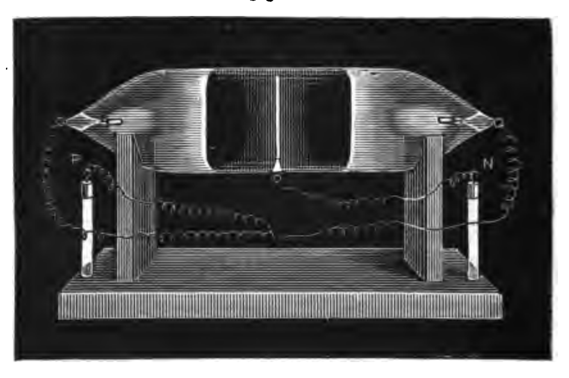
Die erste dieser Erscheinungen ist eine wohlbekannte: wird nämlich die Entladung eines Inductionsapparates durch eine Glasröhre geleitet, in welchen die Luft in hohem Maße verdünnt ist, so zeigt sich um die negative Elektrode ein dunkler Raum. Um denselben recht deutlich sichtbar zu machen, giebt Crookes der negativen Elektrode die Gestalt einer Metallscheibe, die er in der Mitte der Entladungsröhre anbringt, während sich an den beiden Enden positive Elektroden befinden (Fig. 11); der dunkle Raum zeigt sich dann zu beiden Seiten der Scheibe. Je weiter man die Verdünnung des Gases in der Röhre treibt, desto weiter dehnt sich dieser dunkle Raum aus, und dieser Umstand ist es, welcher Crookes veranlaßt, die Dicke dieses Raumes der mittlern freien Weglänge einer Gasmolekel gleichzusetzen.

Ein gewöhnliches Gas besteht nach der gegenwärtig herrschenden Ansicht aus kleinsten Theilchen, Molekeln, die sich mit den verschiedensten Geschwindigkeiten nach allen Richtungen im Raume bewegen. Der Stoß dieser Molekeln gegen die Wand des Gefäßes, welches das Gas enthält, erzeugt den Druck des Gases, und aus der bekannten Größe dieses Druckes hat man die mittlere Geschwindigkeit der Molekeln berechnet,

1) Vgl. die deutsche Ausgabe: „Strahlende Materie oder der vierte Aggregatzustand.“ Leipzig 1879. Die in diesem Schriftchen beschriebenen Apparate liefert C. Gerhardt in Bonn a. Rh. (Firma: Marquart's Lager chemischer Utensilien, Bornheimer Str. 90).

welche umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus dem specifischen Gewicht des Gases ist und nach Clausius (bei 0° und 760 Millim. Barometerstand) für Wasserstoff 1843, Sauerstoff 461, Stickstoff 492 Meter in der Secunde beträgt. Da aber die Molekeln bei ihren Bewegungen an einander stoßen, so beschreiben sie die angegebenen Wege nicht in gerader Linie, es ist vielmehr der durchschnittliche Weg einer Molekel zwischen zwei auf einander folgenden Zusammenstößen mit anderen Molekeln, die „mittlere Weglänge", eine ganz geringe Größe; dieselbe beträgt (bei 20° und 760 Millim. Barometerdruck) für

Fig. 11.



Wasserstoff 1855, Sauerstoff 1059, Stickstoff 959 Hundert-Milliontel eines Millimeters, und die Zahl der Zusammenstöße, die eine Molekel eines solchen Gases in der Secunde erleidet, ist 9480, 4065, 4735 Millionen. Es ist leicht begreiflich, daß bei fortschreitender Verdünnung eines Gases die Anzahl der Zusammenstöße geringer und die mittlere Weglänge größer werden muß. Wird nun diese Weglänge so groß, daß sie mehrere Millimeter oder mehrere Centimeter beträgt, so gelangt das Gas in den Zustand, den Crookes durch den Ausdruck „strahlende Materie" bezeichnet. „Durch die große Verdünnung ist der mittlere freie Weg so lang geworden, daß die Zusammenstöße in einer gewissen Zeit im Vergleich zu den Vorübergängen vernachlässigt werden können, und daß durch-

schnittlich der Molekel gestattet ist, ihren eigenen Bewegungen oder Gesetzen ohne Hinderniß zu gehorchen. Der mittlere freie Weg ist den Dimensionen des Gefäßes vergleichbar, und wir haben es nicht mehr mit einem continuirlichen Theile der Materie zu thun, wie es der Fall sein würde, wenn die Röhren in weniger hohem Grade entleert wären, sondern wir müssen hier die Molekeln individuell betrachten. In diesen stark entleerten Gefäßen vermögen die Molekeln des Gasrückstandes mit verhältnißmäßig wenigen Zusammenstößen durch die Röhre zu gehen, und wenn sie mit ungeheurer Geschwindigkeit vom Pole ausstrahlen, so nehmen sie Eigenschaften an, die so neu und so charakteristisch sind, daß die Anwendung des von Faraday entlehnten Ausdruckes strahlende Materie vollständig gerechtfertigt wird."

Bei dem in Fig. 11 dargestellten Experimente nimmt nun Crookes an, daß die negativ elektrisch gemachten Molekeln von dem erregten Pole senkrecht zu dessen Oberfläche mit großer Geschwindigkeit fortfliegen und die langsamer nach dem Pole hin sich bewegenden Molekeln zurückhalten. Diese negativ elektrischen Molekeln allein sind in dem dunklen Raume enthalten, und da, wo sie auf die anderen treffen und mit ihnen zusammenstoßen, liegt die Grenze dieses Raumes, welche durch einen leuchtenden Rand bezeichnet wird.

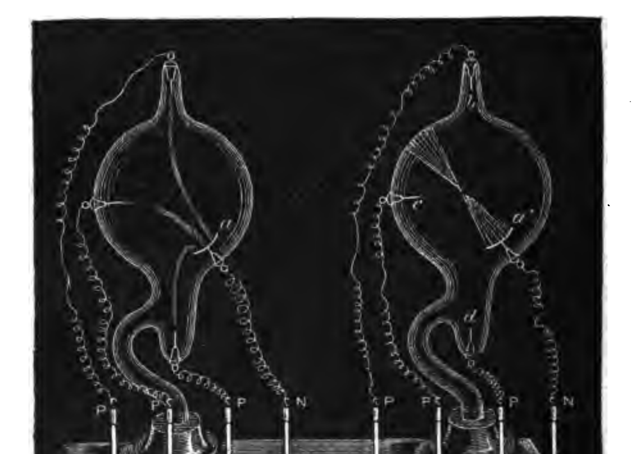
Als charakteristische Eigenschaften der strahlenden Materie führt Crookes folgende sechs auf:

1. Strahlende Materie übt eine kräftige phosphorogene Wirkung aus, wo sie auftrifft. Dies zeigt sich nach Crookes' Ansicht zunächst, wie erwähnt, an der Grenze des dunkelen Raumes; treibt man aber die Evacuirung des Glasgefäßes soweit, daß dieser Raum sich bis zur Wand hin erstreckt, daß also die vom negativen Pole fortgeschleuderten Molekeln gegen die Glaswand treffen, so wird dieselbe unter dem Bombardement der elektrischen Molekeln leuchtend. Das Phosphorescenzlicht, welches man dann gewahrt, ist je nach der Glassorte verschieden: dunkelgrün bei Uranglas, blau bei englischem, apfelgrün bei weichem deutschen Glas. Aber auch andere Substanzen leuchten im Molekelstrome, und zum Theil noch intensiver als Glas, so Becquerels Leuchtsulphid (Schwefelcalcium) mit blauweißer Farbe, Phenakit (Beryllerde-Silicat)

blau, Spodumen (Thonerde- und Lithion-Silicat) goldgelb, Smaragd karmesinroth, Diamant grün, Rubin (sowohl der tiefrothe als der hellgelbe) prächtig roth, ebenso künstliche Thonerde. Als günstigsten Verdünnungsgrad für die Phosphorescenzerscheinungen giebt Crookes ein Milliontel Atmosphäre an.

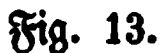
2. *Strahlende Materie bewegt sich in gerader Linie.* In den gewöhnlichen Geißler'schen Röhren, die mäßig

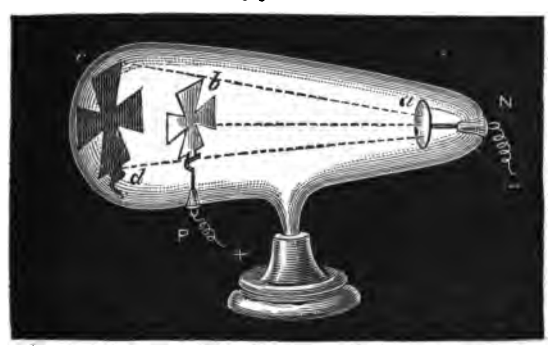
Fig. 12.



verdünnte Gase enthalten, wird beim Durchgange der Elektricität der ganze innere Raum mit Licht erfüllt, und die Lichtphänomene scheinen mehr am positiven als am negativen Pole zu haften. Bei starker Evacuirung verschwinden aber diese Phänomene, ein wolkiger Lichtschein und Schichtungen des Lichtes, vollständig, und nur wo der Molekelstrom, der von der negativen Elektrode ausstrahlt, die Glaswand oder sonst einen zur Phosphorescenz geeigneten Körper trifft, bemerken

wir eine Lichterscheinung. Befindet sich daher in einem V-förmigen Gefäße die plattenförmige negative Elektrode am Ende des einen, die positive am Ende des andern Schenkels, so wird bei starker Evacuirung nur in dem ersteren Schenkel eine Lichterscheinung sichtbar, nicht im zweiten. Noch deutlicher tritt das in Rede stehende Gesetz zu Tage bei dem in Fig. 12 angedeuteten Versuche. Man sieht hier zwei Kugeln von ganz gleicher Gestalt und Größe mit einer negativen Elektrode (a und a[1]) in Gestalt eines kleinen Hohlspiegels und drei positiven Elektroden (b, c und d); die linke Kugel ist nur mäßig evacuirt, bis auf einige Millimeter Quecksilbersäule, während


Fig. 13.

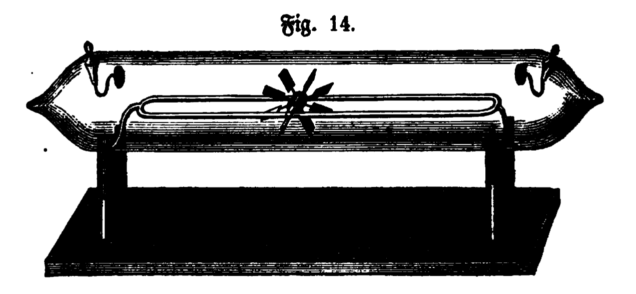


die Evacuirung rechts bis auf ungefähr ein Milliontel einer Atmosphäre getrieben ist. Wird nun die Elektrode a der linken Kugel mit dem negativen Pole des Inductoriums verbunden, während man den positiven Draht der Reihe nach mit einer der drei andern Elektroden verbindet, so gewahrt man einen violetten Lichtbogen, der vom negativen zum positiven Pole geht, also bei Veränderung des letzteren der Reihe nach die verschiedenen in der Figur dargestellten Stellungen einnimmt. Ganz anders in der Kugel rechts. Hier kommt die Lage des positiven Poles gar nicht in Betracht, man kann denselben wechseln, ohne die Erscheinung zu ändern: es ist lediglich an der der negativen Elektrode gegenüber liegenden Wand des Gefäßes ein kreisförmiger Fleck grünen Phosphorescenzlichtes

sichtbar, da wo die von der negativen Elektrode ausgehenden Molekelstrahlen nach ihrer Durchkreuzung diese Wand treffen.

3. Strahlende Materie, von einem festen Körper aufgefangen, wirft einen Schatten. In dem birnförmigen, in hohem Grade evacuirten Gefäße Fig. 13 befindet sich der negative Pol a am zugespitzten Ende, und gegen die Mitte hin ist ein aus Aluminiumblech ausgeschnittenes Kreuz b angebracht. Läßt man nun die Entladung durchgehen, so fängt dieses Kreuz einen Theil der von a fortfliegenden Molekeln auf, während die daneben vorbeifliegenden auf dem links gelegenen halbkugelförmigen Ende des Gefäßes Phosphorescenz erregen. Man erblickt daher dort ein dunkles Kreuz auf hellem Grunde. Läßt man die Erscheinung eine

Fig. 14.



Zeitlang fortdauern, so erwärmt sich die vom Molekelstrom getroffene Glasfläche, zugleich aber macht sich noch ein anderer Einfluß geltend: das Glas verliert unterm Einflusse des molekularen Bombardements seine Empfänglichkeit und hört auf zu phosphoresciren, während die durch das Kreuz geschützten und beschatteten Partien diese Empfänglichkeit behalten. Giebt man daher dem Apparate einen leichten Stoß, so daß das um ein Scharnier drehbare Kreuz sich umlegt, und läßt jetzt wieder den Strom durchgehen, so erblickt man ein helles Kreuz auf dunkelm Grunde, das indessen bald wieder verschwindet, da das Glas nach einer Ruhepause sein Phosphorescenzvermögen wieder erlangt.

4. Strahlende Materie übt eine kräftige mechanische Wirkung aus. Crookes zeigte eine Röhre mit

einer gläsernen Schienenbahn, auf welcher die Achse eines kleinen Rades mit Glimmerflügeln ruhte. Je nachdem man nun den negativen Pol des Inductoriums mit der linken oder der rechten der beiden plattenförmigen Elektroden (Fig. 14) verbindet, wird das Rad von dem Molekelstrom in dem einen oder in dem andern Sinne gedreht und seine Achse rollt in Folge dessen auf den Glasschienen fort, selbst bergan, wie man bei sanfter Neigung des Rades beobachten kann. Ebenso ist der Rückstoß des Molekelstroms im Stande ein Radiometerkreuz zu bewegen, wenn man dasselbe als negative Elektrode annimmt und die Anordnung trifft, daß die Aluminumflügel desselben auf der einen Seite mit Glimmer überzogen sind.

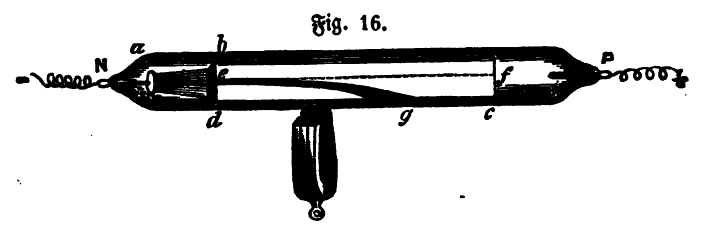
Fig. 15.



Während bei den vorstehend beschriebenen Versuchen die strahlende Materie immer von der negativen Elektrode ausstrahlte, erfolgte bei dem Versuche, welcher mit dem Apparate Fig. 15 angestellt wurde, die Erregung durch Wärme. In dem Glasgefäße, welches in hohem Grade luftleer gemacht ist, befindet sich ein Stiel a mit einer Nadel, auf welcher ein Glashütchen ruht, an dem ein leichtes Rad mit schief stehenden Glimmerflügeln sitzt. Unterhalb des Rades ist ein Ring cc aus feinem Platindraht angebracht, dessen Enden dd durch das Glas gehen; e ist ein Aluminiumpol. Schaltet man nun den Apparat in den Entladungsstrom eines Inductoriums ein, so daß der Ring c die negative Elektrode wird, so geräth das Flügelrad, ganz übereinstimmend mit den Erfahrungen beim Apparate Fig. 14, in Rotation. Dasselbe tritt aber auch ein, wenn man das Inductorium ausschaltet und die beiden Enden dd mit den Polen einer kleinen galvanischen Batterie verbindet, wodurch c ins Glühen geräth.

5. **Die strahlende Materie wird ferner von einem Magneten abgelenkt.** Die lange Glasröhre in Fig. 16 ist in hohem Grade luftleer; sie hat an dem einen Ende den negativen Pol a und ihm gegenüber einen kleinen Schirm bd mit einer Oeffnung e, woran sich ein längs der Mitte der Röhre aufgestellter phosphorescirender Schirm ef schließt. Am andern Ende befindet sich der positive Pol. Beim Durchgange der Entladung bemerkt man nun eine Linie phosphorescirenden Lichtes ef längs des Schirmes. Stellt man aber einen kräftigen Hufeisenmagneten unter die Röhre, so sieht man, wie die Lichtlinie sich zu ihn herabkrümmt (eg) und wellenförmige Bewegungen macht beim Hin- und Herschieben des Magneten. Bringt man in der evacuirten Röhre

Fig. 16.



ein um eine horizontale Achse drehbares Flügelrad an, so kann man mit Hilfe eines Magneten den Molekelstrom nach Willkür gegen die obere oder untere Schaufel hinlenken und dadurch eine Drehung des Rades in dem einen oder dem andern Sinne bewirken. Weitere Untersuchungen zeigen, daß zwei parallele Ströme strahlender Materie abstoßend auf einander wirken, also sich nicht wie galvanische Ströme, sondern einfach wie gleichnamig elektrische Körper verhalten.

6. **Strahlende Materie erzeugt, wo sie auftrifft, Wärme.** Dies zeigt sich schon an der Glaswand, wo der auftreffende Molekelstrom die grüne Phosphorescenz und zugleich eine starke Erhitzung bewirkt. Am schönsten aber hat Crookes diese Wirkung sichtbar gemacht in der in Fig. 17 dargestellten Glaskugel mit schalenförmiger negativer Elektrode a. Die Strahlen werden hier in einem Brennpunkte vereinigt und fallen auf ein Stück Iridio-Platin b. Wenn die Entladung des Inductoriums nur schwach ist, so wird das Metall

nur zur Weißgluth erhitzt; vermehrt man aber die Intensität der Entladung, so glüht das Iridio-Platin mit fast unerträglichem Glanze und schmilzt schließlich.

Die von Crookes vorgeführten Erscheinungen können in der Hauptsache nicht bezweifelt werden, um so mehr aber die aus ihnen gezogenen Consequenzen. Doch muß zunächst bemerkt werden, daß Crookes nicht der Erste ist, der diese Erscheinungen beobachtet hat; insbesondere hat W. Hittorf schon im J. 1869 in einer Abhandlung „Ueber die Elektricitätsleitung in Gasen“[1]) eine Anzahl dieser Phänomene sehr bestimmt beschrieben. Derselbe gedenkt des auffälligen Gegensatzes, der sich beim Durchgange der Entladung eines Ruhmkorff'schen Inductors durch ein verdünntes Gas zwischen den Lichterscheinungen am negativen und denjenigen am positiven Pole herausstellt. Kein Medium ist für die Beobachtung desselben geeigneter als verdünnte atmosphärische Luft oder richtiger Stickgas, von dessen Theilen das Licht des Funkens in der Luft hauptsächlich herrührt. Hier besitzen nämlich negatives und positives Licht sehr verschiedene Farben, ersteres ist blau, letzteres rothgelb; bei anderen Gasen dagegen bemerkt man auf der ganzen Strombahn ein gleichfarbiges Glühen.

Fig. 17.



Hittorf beschreibt nun näher die Hülle von bläulichem Glimmlicht, welche die negative Elektrode umgiebt, Crookes' dunkeln Raum, deren Dicke rasch zunimmt, wenn die Span-

1) Poggend. Ann. Bd. 136, S. 1 u. 197.

nung des Gases unter 2 Millim. Quecksilbersäule sinkt, bis sie das ganze Innere auch der weitesten Röhre erfüllt.

Er erwähnt ferner, daß dieses negative Licht, wo es die Glaswandung trifft, eine lebhafte Fluorescenz erregt.

Sodann macht derselbe aufmerksam darauf, daß jeder feste oder tropfbarflüssige Körper, Leiter oder Nichtleiter der Elektricität, welcher vor die negative Elektrode gestellt wird, das Glimmlicht begrenzt; daß keine Abweichung von der geradlinigen Richtung stattfindet, und daß daher ein solcher Körper einen Schatten auf die Glaswand wirft.

Sehr eingehend wird alsdann im zweiten Theile der Arbeit (a. a. O. S. 215 u. f.) der Einfluß eines Magneten auf die Glimmlicht-Strahlen erörtert.

Die merkwürdige von der negativen Elektrode in einem verdünnten Gase ausstrahlende Bewegung, „die durch ihre geradlinige Fortpflanzung sich den schon lange studirten Formen der Schall- und Lichtbewegung als ein neues Glied an die Seite stellt", ist auch Gegenstand einer ausgedehnten Reihe von Versuchen, die Dr. Eugen Goldstein in Berlin ausgeführt und über welche er der dortigen Akademie der Wissenschaften am 28. Januar 1878 und 29. October 1879 Bericht erstattet hat.[1])

Zur Kritik der Crookes'schen Versuche weist Goldstein darauf hin, daß Crookes' „dunkler" Raum an der Kathode (negativen Elektrode) gar nicht dunkel, sondern von blauem Lichte erfüllt ist, wie dies auch von Hittorf angegeben wird. Es kann daher dieser Raum nicht blos lichtlose, von der Elektrode abgeschleuderte Gasmolekeln enthalten. Uebrigens ist die negative Elektrode selbst mit einer hellgefärbten, gelben Lichtschicht umgeben, deren Spectrum das der Luft, frei von Natriumlinien ist, weshalb man diese Schicht nicht als eine secundäre Glüherscheinung, hervorgerufen durch verdampftes Natrium ansehen darf.

Nach Crookes erfolgen die Phosphorescenzerscheinungen an den Wandungen des Gefäßes rc. beim Anstoß von bis dahin nicht in Collision mit anderen gerathenen Luftmolekeln, also nur dann, wenn der „dunkle Raum" sich bis zu der be-

---

1) Theilweise abgedruckt in den Monatsber. der Berl. Akademie Januar 1880, S. 82.

treffenden Stelle hin ausdehnt. Um die Richtigkeit dieser Auffassung zu prüfen, stellte Goldstein der ebenen Kathode gegenüber eine phosphorescenzfähige ebene Platte so auf, daß ein Theil außerhalb des dunkeln Raumes lag. Statt daß aber der Umriß dieses Raumes sich auf der Leuchtplatte scharf markirt hätte als Grenze eines Gebietes heller Phosphorescenz gegen eine matt oder gar nicht leuchtende Fläche, änderte sich die Intensität der Platte nur ganz stetig und zeigte sich selbst da noch sehr bedeutend, wo fast ausschließlich collidirende, zur Phosphorescenz untaugliche Molekeln auftrafen. Aehnliche Erscheinungen, die Crookes früher beobachtete, hat derselbe durch die Annahme zu erklären gesucht, daß einzelne Molekeln die mittlere freie Weglänge der abgeschleuderten Theilchen stark überschreiten. Bei Versuchen, die Goldstein bei Dichten nicht unter 1/125 Millim. Quecksilberdruck anstellte, wo also die mittlere freie Weglänge nach Maxwell 5,7 Millim. war, betrug die Weite der dunkeln Schicht thatsächlich mehr als zehnmal soviel, und eine 0,9 Meter von der Kathode entfernte Fläche phosphorescirte noch hell. Ganz abgesehen davon, daß hiermit überhaupt die Crookes'sche Deutung des dunkeln Raumes sich als hinfällig erweist, müßte man noch annehmen, daß eine größere Zahl von Molekeln die mittlere Weglänge um mehr als das 150fache überschreiten, um an einer so entlegenen Stelle noch Phosphorescenz zu erregen. Diese Wahrscheinlichkeit ist aber für ein einzelnes Theilchen ungefähr $7/10^{66}$, also ganz verschwindend klein.

Goldstein macht auch darauf aufmerksam, daß die von der negativen Elektrode ausgehende Strahlung keineswegs senkrecht zur emittirenden Fläche ist, wie Crookes angiebt. Indessen bezieht sich die Crookes'sche Angabe nur auf die Richtung, welche die Molekeln durch die Elektrode empfangen, ohne Rücksicht auf ihre gegenseitige Einwirkung auf einander, und der englische Physiker hat in späteren Veröffentlichungen die Abweichungen von jener Richtung genauer studirt.[1]) Die

1) „Contributions on Molecular Physics in High Vacua. Magnetic Deflection of Molecular Trajectory; Laws of Magnetic Rotation in High and Low Vacua; Phosphorogenic Properties of Molecular Discharge." Philosophical Transactions, Part 2, 1879; im Auszug in Nature XXII, p. 101, 125.

negativ elektrischen Molekeln wirken abstoßend auf einander und divergiren deshalb. „Ebenso giebt der negative Pol den Molekeln nicht nur einen ersten Impuls, sondern er wirkt beständig abstoßend auf sie, und die Molekeln bewegen sich daher mit beschleunigter Geschwindigkeit, je weiter sie sich vom Pol entfernen. Da die seitliche Divergenz der Molekeln von der Größe ihrer negativen Ladung abhängt, so wird sie mit der Größe der Ladung wachsen; je größer die Zahl der Zusammenstöße, desto mehr verlieren die Molekeln ihre negative Ladung, desto weniger divergent wird der Strom. Diese Hypothese wird durch Thatsachen gestützt. Wenn das Vacuum gerade ausreicht, den Schatten (vgl. oben Nr. 3) sichtbar zu machen, so ist er sehr schwach (wegen der geringen Zahl der Molekelstrahlen), aber ganz scharf (wegen der seitlichen Divergenz der Strahlen). Die Veränderung in der gegenseitigen Abstoßung wird durch die Thatsache dargethan, daß der von einem concaven Pole gebildete Brennpunkt über den Mittelpunkt der Krümmung hinausfällt und sich mit dem Grade der Entleerung ändert, indem er weiter weg liegt bei hoher als bei niederer Entleerung."

Was nun den eigentlichen Kern des Crookes'schen Vortrages anlangt, die Annahme eines vierten, ultragasförmigen Aggregatzustandes, so hat sich diese Theorie des Beifalles der Physiker auf dem Continente nicht zu erfreuen gehabt und ist wohl gegenwärtig bei uns als beseitigt anzusehen, trotzdem daß ihr Urheber nach wie vor an ihr festhält.[1])

Professor Gintl in Prag hat zunächst auf verschiedene von Crookes nicht aufgeklärte Umstände aufmerksam gemacht.[2]) So fragt es sich namentlich, auf welchem Wege die von der negativen Elektrode fortgeschleuderten Molekeln wieder zu derselben zurückkehren, was doch jedenfalls geschehen muß, wenn die Erscheinungen der „strahlenden Materie" fortdauern sollen. Auch ist zum Auftreten der „strahlenden Materie" keineswegs ein gewisser Grad der Verdünnung genügend, der den Gasmolekeln gestattet, ihren eigenen Bewegungen ohne Hinderniß

---

1) Vgl. in letzterer Hinsicht Crookes' Auseinandersetzungen „On a Fourth State of Matter" in Nature XXII, p. 153.

2) Studien über Crookes' strahlende Materie und die mechanische Theorie der Elektricität. Prag 1880.

zu folgen, sondern die Ladung mit negativer Elektricität ist wesentlich dazu erforderlich, u. dergl. m. Dagegen glaubt Gintl, daß sich die von Crookes studirten Erscheinungen erklären lassen durch die Annahme, „daß von der Oberfläche der Substanz des negativen Poles Theilchen derselben abgestoßen werden die sich... in paralleler und geradliniger Richtung vom Pole hinwegbewegen und ihre Geschwindigkeit, wie nicht minder ihre Bewegungsrichtung so lange beibehalten werden, so lange sie nicht auf Widerstände stoßen, welche ihre Bewegung beeinflussen."

Gintl's Hypothese ist durch Dr. J. Puluj in Wien experimentell bestätigt worden.[1]) Derselbe hat gezeigt, „daß die strahlende Materie aus negativ elektrischen Körpertheilchen besteht, welche durch den elektrischen Strom von der negativen Elektrode mechanisch losgerissen und mit ungeheurer Geschwindigkeit fortgeschleudert werden. Von diesen Elektrodentheilchen bilden sich an den Glaswänden sehr schöne Metallspiegel. Nur Aluminiumtheilchen bilden am Glase keinen Niederschlag, und es dürfte die Ursache davon in ihrer chemischen Constitution liegen. Diese Theilchen fliegen so lange herum, bis sie wieder an der Elektrode sich niederschlagen können. Die Stromleitung zwischen beiden Polen wird hier nicht durch die Bewegung der Elektricität durch das verdünnte Gas, sondern durch Fortführung der Elektrodentheilchen, an welchen die statische Elektricität angehäuft ist, vermittelt. Es ist der Fall einer molecularen elektrischen Convection, analog der von Rowland beobachteten Convection körperlicher Leiter. Wird nämlich ein um die verticale Achse drehbarer, horizontal liegender Metallring mit statischer positiver oder negativer Elektricität geladen und in Rotation versetzt, so wird eine über demselben schwebende Magnetnadel so abgelenkt, als ob ein elektrischer positiver Strom mit der Drehung des Ringes in gleicher oder entgegengesetzter Richtung fließen würde..." Hieraus findet Puluj für die Ablenkung eines bewegten Elektrodentheilchens durch einen Magnetpol die Regel: „Wird durch die Bewegungsrichtung des Elek-

1) Chemiker Zeitung 1880, Nr. 22. Erst während der Correctur ist dem Ref. die ausführlichere Darstellung Puluj's „Strahlende Elektrodenmaterie", sowie die Schrift von Dr. A. Voller „Ueber die Nichtexistenz strahlender Materie in den Crookes'schen Röhren", Hamburg 1880, zugegangen.

trodentheilchens und den Nordpol des Magnets eine Ebene gelegt und befindet sich auf dem Elektrodentheilchen ein Beobachter, in der Bewegungsrichtung liegend und gegen den Nordpol schauend, so wird das Elektrodentheilchen nach der linken Seite des Beobachters, senkrecht zu jener Ebene abgelenkt."

Durch das „Gesetz der Unzerstörbarkeit der Kraft", erklärt dann Puluj die erwärmenden Wirkungen der „strahlenden Materie" und die Phosphorescenzerscheinungen. Die unendlich kleinen Projectile strahlender Elektrodenmaterie verwandeln beim Anprallen an die Glaswand des Gefäßes ihre Energie in Molecularbewegung, die wir als Wärme wahrnehmen. Bei Concentrirung der Strahlen kann diese sich bis zum Schmelzen des Glases 2c. steigern. Um die schon bei niedriger Temperatur eintretenden Phosphorescenzerscheinungen erklären zu können, erinnert Puluj daran, daß um die Körpermolekeln Hüllen von Lichtäther gelagert sind. „Jeder Körper und jedes Molecül hat im normalen Zustande eine bestimmte Menge dieses Aethers; besitzt er mehr von dieser feinen Materie, so ist er nach der unitarischen Ansicht über das Wesen der Elektricität positiv elektrisch, dagegen negativ-elektrisch, wenn er zu wenig Aether hat. Treffen die negativ-elektrischen Elektrodentheilchen die Glaswand, so wird außer der Erschütterung der körperlichen Molecüle auch ein Ausgleich des Aetherüberschusses zwischen dem Elektrodentheilchen und der getroffenen Stelle stattfinden, welche ohne Erschütterung der Aetherhüllen nicht vor sich gehen kann. Jede getroffene Stelle der Glaswand wird daher zum Mittelpunkte von Aetherwellen, welche wir als Phosphorescenzlicht sehen." Daß das Leuchten nicht Folge der Erhitzung des Glases 2c. ist, sondern schon bei niedriger Temperatur eintritt, hat E. Wiedemann gezeigt.

Den „dunkeln Raum" an der negativen Elektrode erklärt Puluj durch die Zurückdrängung des Gases seitens der strahlenden Elektrodenmaterie. Daß die letztere mechanische Wirkungen zu äußern im Stande ist, kann keinerlei Befremden erregen. Erwähnung verdient aber, daß Puluj an einer beweglichen Aluminium-Elektrode, deren eine Seite mit Glimmer belegt war, bei „größerer Verdünnung" eine Bewegung nach der Aluminiumseite hin, also entgegen der von Crookes beobachteten Richtung, constatiren konnte. „Ich erkläre mir",

so äußert sich unser Autor, „dieses Räthsel damit, daß ich aus jenen Versuchen die Folgerung ziehe, daß die Kräfte, welche die Elektrodentheilchen losreißen, nicht innere, sondern äußere Kräfte sind. Wenn der elektrische Strom durch die negative Elektrode geht, so muß hier wirklich eine feine Materie fließen, welche nicht blos einzelne Theilchen losreißt, sondern auch die ganze Elektrode mitnimmt, analog wie ein Luftstrom, der durch eine mit staubiger Watte gefüllte Röhre geht, nicht blos Staubtheilchen fortführen, sondern auch ganze Ballen Baumwolle mitreißen wird." Demgemäß sieht Puluj in diesem Experiment „eine Stütze für die unitarische Ansicht, nach welcher der elektrische Strom in einem wirklichen Strömen des Aethers bestehen soll."

Zu einem ähnlichen Resultate bezüglich der von Crookes beobachteten Erscheinungen wie Puluj ist auch Dr. Ivan Zoch, Director des k. k. Realgymnasiums in Serajevo geführt worden durch früher von ihm in Essek angestellte Versuche über elektrische Staubfiguren, die er in Glasröhren mittels Bronzepulver erhielt.[1]) Es handelte sich bei diesen Versuchen um Erklärung des geschichteten Lichtes in Geißler'schen Röhren. Von der Voraussetzung ausgehend, daß die Schichtung des Mediums in den Geißler'schen Röhren beim Durchgang des Stromes nicht von der Verdünnung des Gases abhängt, daß vielmehr diese nur das Glühendwerden der Gasmolekeln und damit die Sichtbarkeit der Schichten ermöglicht, bemühte sich Zoch, „diejenigen Schichtungen, welche beim Durchgange des langsam sich entladenden Stromes beim gewöhnlichen Drucke entstehen, sichtbar zu machen."

Zu dem Ende nahm er 10—30 Centim. lange Glasröhren von 1—3 Centim. Durchmesser, schüttete in sie der ganzen Länge nach eine Quantität Bronzepulver und verschloß beide Enden mit Korkpfropfen, durch welche Kupferdrähte in das Innere gingen. Eine solche Röhre wurde nun horizontal in einem Retortenhalter befestigt und das eine Ende mit dem mit positiver Elektricität geladenen Conductor einer Winter'schen

1) „Neue elektrische Staubfiguren, als Beitrag zur Erklärung der Erscheinungen in den Geißler'schen Röhren und zur Widerlegung der Crookes'schen Hypothese." Jahresbericht des k. k. Realgymn. zu Serajevo am Schlusse des ersten Schuljahres 1879—80.

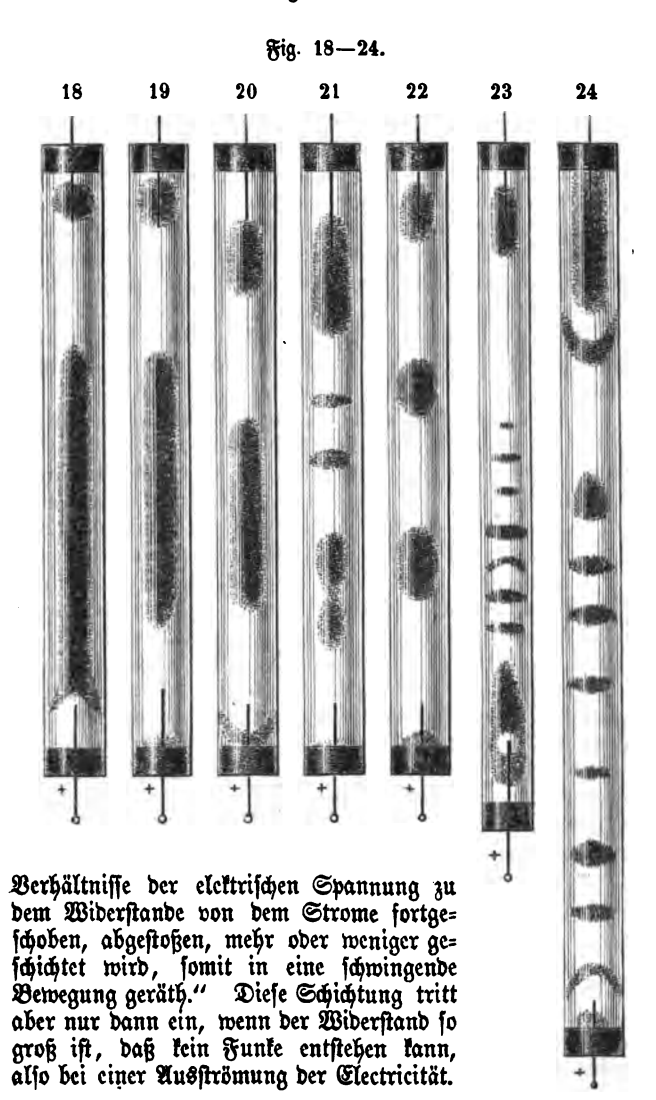
Elektrisirmaschine von 60 Centim. Scheibendurchmesser verbunden. Es zeigte sich, daß eine ableitende Berührung des anderen Endes während der Versuche nicht nöthig war.

Sobald nun die Maschine in Gang gesetzt wurde, „schossen in pfeilgerader Richtung die Bronzetheilchen vom positiven Pole gegen den negativen hin, dann folgte ein Wirbeln der Theilchen, und in den nächsten Secunden war das Bronzepulver so abgelagert, wie wir es in Fig. 22 sehen. Bei längerem Durchgang der Elektricität häuft sich schließlich alles Pulver am negativen Pole an. Soweit ließ es indessen Zoch nicht kommen; vielmehr vertheilte er durch Schütteln das Pulver wieder gleichmäßig und wiederholte den Versuch. Bei vielfacher Wiederholung ergaben sich dann nicht ganz übereinstimmende Figuren, die sich mehr oder weniger an die in Fig. 20, 21 und 22 dargestellten anschlossen, mit zwei, drei bis fünf Schichten zwischen beiden Polen.

Später bohrte Zoch über dem positiven Pole ein Loch in die Röhre, befestigte dort einen Trichter und ließ das Pulver auf den positiven Pol fallen. Die Figuren wurden jetzt constanter, etwa wie Fig. 19. Wenn nach unterbrochener Benutzung der Röhre die Pole gewechselt wurden, so erhielt man Fig. 18 oder ähnliche. Fig. 23 wurde nach einem längeren leisen Zischen und Wirbeln erhalten, als Zoch nach längerer Unterbrechung der Versuche den Knopf einer kleinen Leidener Flasche dem einen Pole der Röhre näherte, ohne daß der andere Pol ableitend verbunden war. Auf gleiche Weise ist auch Fig. 24 entstanden. Zu bemerken ist noch, daß die Röhren Fig. 18—22 eine Länge von 20 Centim. bei 2 Centim. Durchmesser haben; bei Fig. 23 sind die Dimensionen 22 und 1,8, bei Fig. 24 30 und 2 Centim.

Aus der Vergleichung seiner Staubfiguren, ihrer Aenderung mit den Dimensionen der Röhre &c. einerseits und der von Wüllner in seiner „Experimental-Physik“ gegebenen Beschreibung des geschichteten Lichtes in Geißler'schen Röhren andererseits zieht nun Zoch den Schluß, daß seine Figuren mit den Schichtungen in Geißler'schen Röhren identisch sind, und daß dieselben den Beweis liefern, „daß ein bewegliches, im fein vertheilten Zustande befindliches, also schlecht leitendes Medium in Röhren von gewisser Dimension, und bei einem gewissen

Fig. 18—24.



Verhältnisse der elektrischen Spannung zu dem Widerstande von dem Strome fortgeschoben, abgestoßen, mehr oder weniger geschichtet wird, somit in eine schwingende Bewegung geräth." Diese Schichtung tritt aber nur dann ein, wenn der Widerstand so groß ist, daß kein Funke entstehen kann, also bei einer Ausströmung der Electricität.

Als specielle Analogien mit den Crookes'schen Versuchen werden dann noch ein Paar Erscheinungen erwähnt:

Bringt man Bronzepulver in die Nähe einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisirmaschine, so wird dasselbe nach allen Richtungen hin völlig weggeblasen. Verbindet man aber durch einen in das Glas geschmolzenen Platindraht das geschlossene Ende einer mit Bronzepulver gefüllten Glasröhre mit dem Funkengeber des Conductors und setzt die Elektrisirmaschine in Thätigkeit, so wird das Pulver in der Röhre aufgewirbelt und Strahlen wie aus einem Geschütz geradaus aus der Röhre herausgeschleudert. Hierin sieht Zoch das Analogon zu der strahlenden Materie Crookes'. Das „strahlende" Bronzepulver kann auch wie Crookes' „strahlende Materie" ein Rädchen drehen.

Nimmt man ferner eine Flasche, in welcher die Elektroden wie in Fig. 12 angebracht sind, nur in so großer Entfernung, daß eine Entladung durch die Luft nicht stattfinden kann, und hält man vor die negative Elektrode in einem Löffelchen Bronzepulver, so wird dasselbe strahlenförmig vorwärts, aber nicht nach der andern Elektrode hin geschleudert.

Aus alle dem schließt Zoch, daß das, was Crookes strahlende Materie nennt, nur eine strömende, fließende oder, wenn wir es wollen, „strahlende Entladung der Elektricität ist, die überall dort erfolgt, wo das Medium die Leitungsfähigkeit in einem sehr kleinen Grade besitzt, dabei jedoch die elektrische Spannung kleiner ist, als daß sie mittels Ueberschlagens eine momentane oder partielle Entladung hervorbringen könnte. Daraus folgt, daß das „Strahlen" keine Eigenschaft eines „vierten" Aggregationszustandes, sondern einfach eine Folge der mechanischen Wirkung der Elektricität ist, die sich unter den angeführten Umständen an Körpern aller Aggregationszustände demonstriren läßt."

Elektrische Meßapparate.

Galvanometer für starke Ströme. Wenn es sich um Messung starker elektrischer Ströme handelt, wie sie zur Erzeugung elektrischen Lichtes verwendet werden, so befindet sich der praktische Elektriker in einiger Verlegenheit. Die Tangenten-Boussole in ihrer gewöhnlichen Form — ein in der

Ebene des magnetischen Meridians stehender, vom Strome durchlaufener Ring, in dessen Mitte eine kleine, um eine verticale Achse drehbare Magnetnadel steht — ist zu diesem Zwecke nicht brauchbar. Bei ihr wird nämlich der durch den Strom veranlaßte Ausschlagwinkel α durch die Gleichung

$$\tan \alpha = \frac{k J}{H}$$

gegeben, wo J die Stromstärke, H die horizontale Componente der erdmagnetischen Kraft und k eine von den Dimensionen des Apparates abhängige Constante bedeutet. Bei bedeutender Stromstärke J wird nun α nahezu 90° werden, die $\tan \alpha$ wird schon bei geringen Aenderungen von α sehr bedeutenden Veränderungen unterliegen, und eine genaue Bestimmung von J daher unmöglich.

Ein einfaches Mittel, diesem Uebelstande abzuhelfen, hat im Jahre 1871 Prof. John Trowbridge in Cambridge, Massachusetts, angegeben[1]), und sieben Jahre später hat Dr. Eugen Obach in Woolwich, ohne die Trowbridge'sche Idee zu kennen, nach demselben Princip ein Galvanometer construirt.[2]) Richtet man nämlich den Ring, welchen der Strom durchläuft, so ein, daß man ihn um seinen horizontalen, in der Ebene des magnetischen Meridians liegenden Durchmesser drehen kann, und macht die Nadel bei einer Neigung φ des Ringes gegen die horizontale Ebene den Ausschlag α, so ist

$$\tan \alpha = \frac{k J}{H} \sin \varphi.$$

Da $\sin \varphi$ alle Werthe von 0 (für $\varphi = 0$) bis 1 (für $\varphi = 90^0$) annehmen kann, so läßt sich durch eine passende Neigung φ der Ausschlagwinkel α auf ungefähr 45° bringen, was zur Bestimmung von J am besten ist.

Sendet man also bei gleicher Neigung φ Ströme von verschiedener Stärke J, J_1, J_2, ... durch den Ring, welche die Ausschläge α, α_1, α_2, ... geben, so verhalten sich

$$J : J_1 : J_2 \ldots = \tan \alpha : \tan \alpha_1 : \tan \alpha_2 \ldots$$

---

1) American Journal of Arts and Sciences, Vol. II, Aug. 1871, p. 118; vgl. auch Pickering, Elements of Physical Manipulation, Part. 2, p. 260 (1876).

2) Nature XVIII, p. 707 (Oct. 31, 1878).

Sendet man dagegen Ströme von verschiedener Stärke $J, J_1, J_2, \ldots$ durch, welche bei den Neigungswinkeln $\varphi, \varphi_1, \varphi_2, \ldots$ einen und denselben Ausschlag α der Nadel veranlassen, so verhalten sich

$$J : J_1 : J_2 \ldots = \operatorname{cosec} \varphi : \operatorname{cosec} \varphi_1 : \operatorname{cosec} \varphi_2 \ldots$$

Hipp in Neuchâtel hat zu demselben Zwecke ein Instrument angegeben, welches auf einem andern Princip beruht. Ist nämlich ein Strom in einem einfachen Drahte zu stark, um ihn auf die Nadel wirken zu lassen, so kann man ihn in Form einer Schleife hin und zurück führen. Da die beiden entgegengesetzten Stromwege in entgegengesetzter Richtung auf die Nadel wirken, so kann man die Wirkung des Stromes willkürlich abschwächen. Bei diesem Instrumente gilt aber nicht das Tangentengesetz; dasselbe würde indessen, wie Dr. O. Frölich in dem weiterhin zu erwähnenden Vortrage bemerkt, Geltung erhalten, wenn man statt der Schleife zwei Ringe in verticaler Ebene anwendete, die dicht hinter einander liegen und vom Strome in entgegengesetzten Richtungen durchlaufen werden.

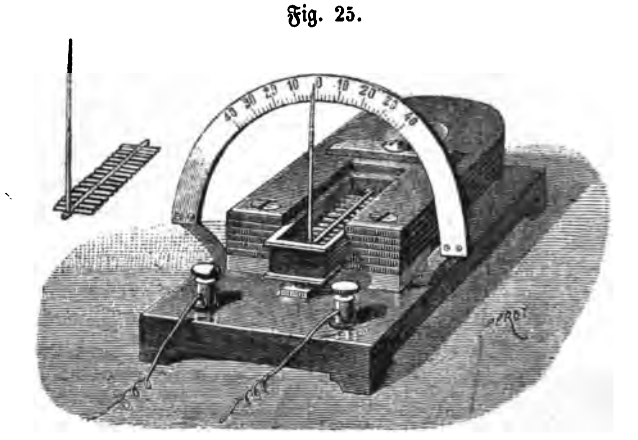
Ganz anders ist das zu demselben Zwecke von Marcel Deprez angegebene Galvanometer[1]) eingerichtet. Bei diesem wird nämlich die verhältnißmäßig geringe Größe der Nadelausschläge dadurch erreicht, daß die Nadel in einem künstlichen magnetischen Felde von bedeutender Intensität steht. Dieselbe besteht, wie Fig. 25 zeigt, aus 12 bis 15 Stücken weichen Eisendrahts, die neben einander quer auf einer Messingachse befestigt sind, deren Enden in Lagern ruhen und die auch einen leichten Zeiger von Stroh oder Aluminium trägt, der rechtwinklig zu den Drahtstücken steht. Diese Nadel liegt innerhalb eines rechteckigen Rahmens, auf den der Stromleitungsdraht gewunden ist, zwischen den beiden Schenkeln eines kräftigen, aus einzelnen Lamellen bestehenden permanenten Magneten. Die Ablenkung des Zeigers wird auf einer Scala sichtbar gemacht, die empirisch bestimmt werden muß, da die Ausschläge keinem einfachen Gesetze folgen. Beim Durchgange eines Stromes nimmt die Nadel sehr rasch, nach äußerst kurzen Oscillationen, ihre Gleichgewichtsstellung ein.

1) Nature XXII, p. 246.

In einem am 25. Mai d. J. im Elektrotechnischen Verein in Berlin gehaltenen Vortrage hat Dr. O. Frölich die Gesichtspunkte erläutert, welche bei der Firma Siemens und Halske schon seit längerer Zeit maßgebend gewesen sind für die Construction von Meßinstrumenten, welche in der Hand von Technikern dem angegebenen Zwecke dienen sollen.[1])

Als erste Forderung stellt er für ein Instrument zur directen Strommessung die Unabhängigkeit der Angabe des Instrumentes von äußeren Kräften hin. Das

Fig. 25.

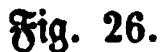


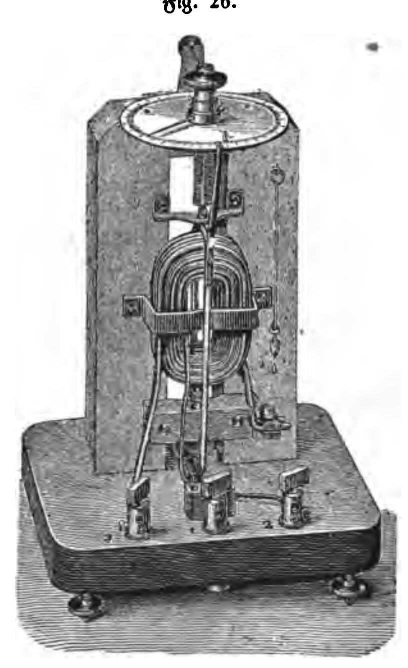
Instrument darf daher keinen Magneten enthalten, weil Eisenmassen aller Art, Gasröhren, Eisenträger 2c., Stahlmagnete, magnetische Maschinen u. dgl., die sich in der Nähe befinden, denselben beeinflussen würden. An zweiter Stelle wird Proportionalität der gemessenen Größe mit der zu messenden Größe verlangt. Man gewinnt dabei nicht nur unmittelbar eine Vorstellung von der zu messenden Größe, sondern man hat auch den weiteren und wichtigen Vortheil der Gleichmäßigkeit der Empfindlichkeit.

Diesen Bedingungen entspricht das schon seit Jahren

1) „Ueber Messung starker elektrischer Ströme." Elektrotechn. Ztschr. Juni 1880, S. 197.

praktisch bewährte Elektrodynamometer von Siemens und Halske (Fig. 26). Dasselbe ist im Wesentlichen ein Weber'sches Elektrodynamometer, bestehend aus einer innern festen und einer äußeren beweglichen Rolle. Letztere ist aber nicht bifilar aufgehängt, wie bei der ursprünglichen Anordnung Weber's, sondern zur Aufhängung dient eine Torsionsfeder, d. h. eine (in der Figur sichtbare) Spiralfeder, durch deren Drehung man die durch den Strom abgelenkte Rolle wieder in ihre Gleichgewichtslage zurückbringt; der Drehungswinkel ist dann das Maß für die auf die Stromrolle ausgeübte Kraft. Die äußere Rolle enthält nur eine einzige Windung, wodurch eine beinahe vollständige Unabhängigkeit vom Erdmagnetismus erlangt wird. Die Wirkung auf die bewegliche Rolle bleibt nämlich wesentlich dieselbe, wenn das Produkt der Windungszahlen beider Rollen dasselbe bleibt, so daß es gleichgültig ist, ob jede Rolle zehn oder ob die feste Rolle hundert Windungen und die bewegliche nur eine einzige hat. Die Wirkung des Erdmagnetismus aber muß um so mehr gegen diejenige der festen Rolle zurücktreten, je mehr Windungen die letztere hat. Es ist daher bei diesem Instrumente fast gleichgültig, in welcher Ebene man


Fig. 26.



es aufstellt. Die Contacte, durch welche der Strom der beweglichen Windung zugeführt wird, sind Quecksilbercontacte.

Das Instrument enthält übrigens zwei verschiedene innere Rollen, eine von wenig Windungen dicken Drahtes für lichterzeugende Dynamo-Maschinen, eine andere von mehr Windungen dünneren Drahtes für die lichterzeugenden Wechselstrommaschinen.

Der auf der Scala abzulesende Torsionswinkel ist proportional dem Quadrat der Stromstärke; diese Größe gerade ist es, welche den Techniker direct interessirt, weil ihr die erzeugte Licht- oder Wärmemenge, sowie die verbrauchte und erzeugte Arbeitskraft proportional ist. Jedem Instrumente sind übrigens die Constanten beigegeben, mit deren Hilfe sich jede gemessene Stromstärke in absolutes Maß umrechnen läßt.

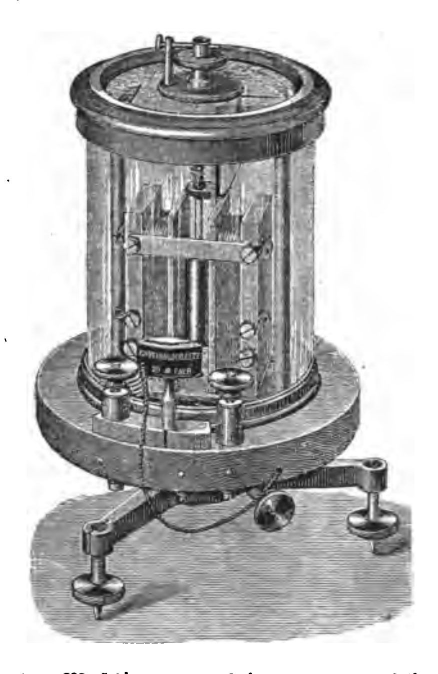
In vielen Fällen, namentlich wenn es sich um Niederschlagen von Metallen im Großbetrieb mittels dynamoelektrischer Maschinen handelt, ist aber die Aufgabe des Elektrikers nicht erschöpft mit der directen Strommessung; es bedarf vielmehr noch eines Instrumentes, welches die Spannungsunterschiede an beliebig zu wählenden Punkten des Stromkreises mißt, und zwar ohne die im Kreise herrschenden Strömungsverhältnisse erheblich zu verändern. Dies kann dadurch geschehen, daß man die beiden Punkte a und b, deren Spannungsdifferenz bestimmt werden soll, durch eine Zweigleitung verbindet, in welche ein Widerstand W und ein Galvanometer eingeschaltet sind; die Stromstärke in diesem Zweige ist dann gleich der Spannungsdifferenz a b, dividirt durch den Widerstand des Zweiges. Man kann daher aus der gemessenen Stromstärke im Zweige und dem bekannten Widerstande des letzteren die Spannungsdifferenz a b durch Multiplication finden.

Benutzt man zur Strommessung im Zweige ein beliebiges Galvanometer und einen Widerstandskasten, und schaltet man bei jeder Messung soviel Widerstand ein, daß die Galvanometernadel stets denselben Ausschlag macht, z. B. 15°, so ist die Spannungsdifferenz a b proportional der Summe aus dem eingeschalteten Widerstande und dem des Galvanometers.

Wenn man aber den Widerstand constant läßt und den Strom im Zweige an einem passenden Galvanometer mißt,

so ist die Differenz ab der Stromstärke proportional. Diese Messung könnte mit einem Spiegelgalvanometer erfolgen, dessen Empfindlichkeit aber hierbei nicht ausgenutzt würde. Deshalb haben Siemens und Halske ein einfacheres, gröberes Instrument, ein Torsionsgalvanometer Fig. 27 construirt, bestehend aus einem an Torsionsfeder und Faden aufgehängten Glockenmagneten, auf welchen zwei Stromrollen wirken. Das Instrument ist so justirt, daß ein Torsionswinkel von etwa 15° Einem Daniell Spannungsdifferenz entspricht; durch einen Stöpsel läßt sich ein Widerstand ausschalten, wodurch die Empfindlichkeit genau auf das Zehnfache gesteigert wird, daher man Spannungsdifferenzen von 0,1 bis 10 Daniell mit diesem Instrumente messen kann. Uebrigens brauchen diese Messungen nicht wie die directen Strommessungen in unmittelbarer Nähe der Maschinen und Leitungen zu erfolgen, sondern man kann das Instrument an einer beliebig entfernten Stelle aufstellen, wo es frei vom Einflusse äußerer Kräfte ist.

Fig. 27.



Kennt man den Widerstand im Hauptstromkreise, so findet man die Stromstärke in demselben, indem man die Spannungsdifferenz ab mit diesem Widerstande dividirt. Auf diese Weise kann man die directe Strommessung ersetzen durch Messung

von Spannungsdifferenzen. Dies ist besonders von Werth bei den Strömen zum Niederschlagen von Metallen in großem Maßstabe. Hier beträgt der Querschnitt der Leitungen einen Quadratzoll und mehr, so daß eine directe Strommessung beinahe unmöglich ist. Man führt in diesem Falle von allen Punkten, deren Spannungsdifferenzen zu messen sind, von den Polen der Maschine, von verschiedenen Stellen der Leitungen und Bäder, Drähte nach dem etwas entlegenen Raume, in welchem das Galvanometer steht, so daß man zu jeder Zeit sämmtliche elektrische Daten des Stromkreises bestimmen kann.

Hughes' Inductionswage.[1])

Bald nach dem Bekanntwerden von Arago's Entdeckung des Einflusses rotirender Metallplatten auf eine Magnetnadel (1824) und Faraday's folgenreicher Entdeckung der Volta- und Magnet-Induction (1831) erkannte man, daß man auf inducirte Ströme, die in einer Metallmasse cirkuliren, durch galvanische oder Inductionsströme einen derartigen Einfluß auszuüben vermöge, daß dadurch neue Aufschlüsse über die moleculare Constitution metallischer Körper gewonnen werden können. Babbage, Sir John Herschel und Dove haben sich mit dieser Frage näher beschäftigt und letzterer construirte auch eine Inductionswage, seinen „Differential-Inductor", bestehend aus zwei getrennten Inductionsrollen, jede mit primärer und secundärer Rolle, die so verbunden sind, daß der inducirte Strom in der einen Rolle den in der andern neutralisirt. Damals hatte man aber noch nicht so empfindliche Galvanometer und andere Hilfsmittel wie heutzutage; doch waren die erhaltenen Resultate ausreichend, um die Größe des Forschungsgebietes anzudeuten, daß durch eine vollkommene Inductionswage erschlossen werden könnte. Bei seinen Versuchen mit dem Mikrophon erkannte nun Prof. D. E. Hughes die außerordentliche Empfindlichkeit des Telephons für schwache Ströme, und weitere Arbeiten in dieser Richtung führten ihn zur Construction einer höchst empfindlichen Inductionswage, welche uns directe vergleichende Maße für die störenden Kräfte giebt, die durch verschiedene Metalle veranlaßt werden.

---

1) On an Induction-Currents Balance. Nature XX, p. 77.

Hughes' Inductionswage besteht aus 4 Rollen von je 100 Meter mit Seide übersponnenem Kupferdraht, welche paarweise auf zwei verticalstehende Rollen gewickelt sind. Die secundäre Rolle befindet sich in 5 Millim. Abstand von der primären; bei dem zweiten Paare ist dieser Abstand durch eine Mikrometerschraube regulirbar. Beide Paare müssen, damit sie nicht störend auf einander wirken, in einer Entfernung von mindestens 1 Meter von einander aufgestellt sein. Die beiden primären Rollen sind nebst einem auf dem Sockel einer Pendeluhr stehenden Mikrophon in den Schließungskreis einer galvanischen Batterie eingeschalten, die secundären sind mit

Fig. 28.



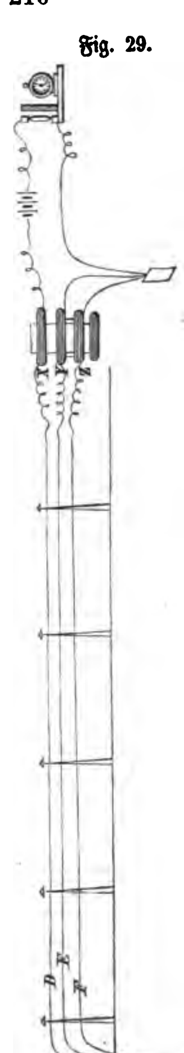
einem Telephon verbunden. Das Mikrophon, welches aus einem verticalen Kohlenstäbchen besteht, dessen zugespitzte Enden sich gegen Kohlenstücken stützen, von denen die Leitungsdrähte ausgehen, ist in Fig. 28 dargestellt. Die Drahtwindungen sind nun derartig, daß beim Durchgang eines Stromes und gehöriger Regulirung in den secundären Rollen entgegengesetzte Ströme von völlig gleicher Stärke entwickelt werden, die sich aufheben, daher im Telephon kein Schall gehört wird. Sobald man aber in eine der Spulen ein Stück Metall bringt, so wird durch die in diesem entwickelten Ströme das Gleichgewicht gestört und man hört nun im Telephon mehr oder minder kräftig das Ticken der Uhr.

Um aber die Größe dieser Störung messen zu können hat Hughes noch einen Apparat construirt, den er elektrisches Sonometer oder Audiometer nennt; mit Hilfe eines Umschalters läßt sich der Strom beliebig durch das Sonometer oder die primären Rollen der Inductionswage senden. Es besteht aber das Sonometer aus drei Rollen, von denen zwei horizontal in einer festen Entfernung von 40 Centim. von einander angebracht sind, die eine mit 100, die andere mit 6 Meter Draht, während die dritte mit 100 Meter Draht an einer Scala zwischen ihnen verschiebbar ist. Die letztere Rolle, welche mit dem Telephon verbunden ist, dient als secundäre für die beiden ersten vom Strome der Batterie umflossenen Rollen, die in ihr entgegengesetzt gerichtete Ströme induciren. Bei einer gewissen Stellung der dritten Rolle heben sich nun die Inductionsströme gerade auf, so daß man Nichts im Telephon hört. Dies ist der Nullpunkt der Scala, und der Zwischenraum zwischen ihm und der ersten festen Rolle ist in 200 gleiche Grade getheilt.

Als nun Hughes den Strom abwechselnd durch die Inductionswage und durch das Sonometer gehen ließ und die bewegliche Rolle des letzteren so einstellte, daß der Ticktack der Uhr im Telephon in beiden Fällen gleichstark gehört wurde, ergab sich, daß für ein und dasselbe Metall bei gleichen Dimensionen der abgelesene Sonometergrad immer derselbe bleibt, daß derselbe sich aber ändert, wenn man ein anderes Metall oder dasselbe Metall von anderer Molecularconstitution nimmt. Bei Metallstücken von der Größe und Gestalt eines englischen Schillingstückes erhielt Hughes folgende Angaben:

Silber (chemisch rein)	125	Eisen (chemisch rein) .	45
Gold	117	Kupfer (antimonhaltig)	40
Silber (Münze) . .	115	Blei	38
Aluminium	112	Antimon	35
Kupfer	100	Quecksilber	30
Zink	80	Schwefel (eisenhaltig)	20
Bronze	76	Wismuth	10
Zinn	74	Zink (antimonhaltig)	6
Eisen (gewöhnliches)	52	Goldschwamm (rein) .	3
Deutsches Silber . .	50	Gaskohle	2

Fig. 29.



Die große Empfindlichkeit des Apparates ermöglicht es, eine neue von einer schon im Umlauf gewesenen, eine echte von einer falschen Münze zu unterscheiden; man hat zu dem Zwecke nur nöthig, dieselben in die beiden Rollen der Inductionswage zu legen und wird den geringsten Unterschied in der Beschaffenheit durch das Telephon hören.

Das Sonometer wird als Audiometer zur Messung der Stärke des Gehörs benutzt, indem man die bewegliche Rolle vom Nullpunkte aus soweit vorschiebt, bis im Telephon das Ticken der Uhr hörbar wird. Versuche von Dr. B. W. Richardson[1]) haben dargethan, daß beim ersten Grad das Ticken der Uhr nur von sehr feinhörigen Personen vernommen wird, die mittlere Empfindlichkeit entspricht den Graden 4 bis 10, wer bei 200° noch Nichts hört, ist als absolut taub zu betrachten. Uebrigens wird die Empfindlichkeit des Ohres durch verschiedene Umstände, insbesondere durch den Barometerstand wesentlich beeinflußt. So fand Dr. Richardson, daß er bei 30″ engl. Barometerstand mit jedem Ohre bis dicht an 0° hört, während unter 30″ das Gehör fürs linke Ohr bei 2° aufhört; bei einer andern Person stellte sich eine ähnliche Grenze bei 4° heraus.

Auch zur Messung des Pulses hat Dr. Richardson das Sonometer in Verbindung mit einem Pond'schen Sphygmograph benutzt.

Für die Praxis des Telegraphenwesens dürfte die Hughes'sche Inductions-

1) Nature XX, p. 103.

wage oder das Princip, auf welches sie sich gründet, ebenfalls von großer Bedeutung sein, indem darauf hingewiesen worden ist, wie man durch eine ähnliche Einrichtung die schädlichen Inductionsströme in den Telegraphendrähten neutralisiren kann.[1]) Es seien in Fig. 29 D, E, F drei neben einander hinlaufende Telegraphendrähte. Wird nun beispielsweise durch D ein Strom gesandt, so werden in E und F Ströme in entgegengesetzter Richtung inducirt, deren Stärke von derjenigen des primären Stromes und von dem Abstande der Drähte E und F von D abhängt. Könnte nun im Momente der Absendung des Stromes durch D auch durch jeden der beiden andern Drähte ein momentaner Strom in derselben Richtung gesendet werden, wie der primäre durch D, aber gleich stark mit dem in E, beziehentlich F inducirten Strome, so würde dieser unschädlich gemacht. Es mögen nun die Enden der drei Telegraphendrähte mit Inductionsrollen versehen sein, die gleich geordnet sind; dann würden im Momente des Eintrittes des Stromes in D in den beiden Rollen an E und F Inductionsströme erregt von gleicher Richtung mit den ohnedies in den Drähten E und F inducirten. Wird aber im Moment des Eintrittes des primären Stromes in D die Einschaltung der beiden Rollen Y und Z umgekehrt, so wirken die beiden Inductionsströme in jedem der Drähte E und F in entgegengesetzter Richtung, und bei richtiger Wahl der Drahtlänge in den Rollen kann man es dahin bringen, daß diese Ströme sich aufheben.

Technische Verwendungen der Elektricität.[2])

Schon seit geraumer Zeit haben die staunenswerthen Fortschritte, welche die Elektrotechnik in der Neuzeit gemacht

---

1) Engineering, March 14, 1879.

2) Vergl. den für die Hauptversammlung des deutschen Naturforschertages in Baden-Baden bestimmten, in Folge verspäteter Anmeldung aber nur auszugsweise in der physikalischen Section gehaltenen Vortrag von Dr. Werner Siemens „Die Elektricität im Dienste des Lebens": Beilage zur Allgem. Zeitung 1879 Nr. 280 und 281; Elektrotechnische Zeitschrift, Januar 1880, S. 16; desgleichen den in der Sitzung des Elektrotechnischen Vereins in Berlin am 27. Januar 1880 gehaltenen Vortrag desselben „über die dynamoelektrische Maschine und deren Verwendung zum Betriebe von elektrischen Eisenbahnen": Elektrotechnische Zeitschrift, Februar 1880, S. 47.

hat, das Bedürfniß nach einer dauernden Vereinigung der auf diesem Gebiete wissenschaftlich, gewerblich und verwaltend thätigen Kräfte mehr und mehr hervortreten lassen. Während anderwärts, namentlich in England, Vereine dieser Art bestehen und eine nützliche Thätigkeit in wissenschaftlicher wie in industrieller Richtung entfalten, fehlte es bis jetzt in Deutschland an einem Organe, welches einen Vereinigungspunkt für die vereinzelt hervortretenden Bestrebungen zur Erweiterung der wissenschaftlichen Kenntniß der Elektricität und zur Förderung der auf ihrer Anwendung beruhenden technischen Interessen zu bilden geeignet war. Den vereinten Anregungen des Generalpostmeisters Dr. Stephan und des Dr. Werner Siemens in Berlin ist es gelungen, diesem Bedürfniß abzuhelfen durch die Gründung des Elektrotechnischen Vereins, die in Berlin am 20. December vor. J. erfolgte. Während aber ähnliche Vereinigungen in andern Ländern sich auf einzelne Zweige der Elektrotechnik, etwa das Telegraphenwesen, beschränken, umfaßt die Thätigkeit des deutschen Vereins das Gesammtgebiet der Elektrotechnik nach seiner wissenschaftlichen, technischen und gewerblichen Seite. Ein wesentliches Hilfsmittel dazu bildet die „Elektrotechnische Zeitschrift", die seit Beginn des laufenden Jahres unter Redaction des Prof. Zetzsche allmonatlich erscheint.

Daß die Gründung des Vereines einem wirklichen Bedürfnisse entsprach, trat sehr bald in den zahlreichen Anmeldungen von Mitgliedern zu Tage. Bei der ersten ordentlichen Generalversammlung, welche am 27. Januar d. J. in Berlin im großen Hörsale der Post- und Telegraphenverwaltung abgehalten wurde, konnte der Generalpostmeister Dr. Stephan in seiner Eröffnungsrede bereits einen Bestand von wirklichen und angemeldeten Mitgliedern von mehr als 700 constatiren, die allen Theilen Deutschlands, zum Theil auch dem benachbarten Ausland angehören und bei denen alle Stände vertreten sind: die Gelehrtenwelt, die Kreise der Techniker, die Armee und die Marine, die verschiedenen Zweige der Civilverwaltung, Handel und Gewerbe, die Schule und die Kunst, die Großindustrie und die Landwirthschaft. Daß der Grundgedanke, der bei der Errichtung des Vereins vorgeschwebt: die Verbindung von Wissenschaft und Leben auf dem speciellen Gebiete der

Elektrotechnik in so weiten Kreisen Anklang gefunden, liege wohl, so führte der Redner weiter aus, wesentlich mit in der Richtung der Zeit. „Jede der wichtigeren Culturepochen in der menschlichen Entwickelung ist bisher beherrscht gewesen von einer der großen Mächte, die im Reiche der Ideen oder auf dem Gebiete der Materie in der Welt wirksam sind — das Hellenenthum von der Kunst, das Römerreich von der Politik, das Mittelalter von der Kirche; im Beginn derjenigen Periode, welche wir gewohnt sind, die neuere Geschichte zu nennen, trat dann in den Vordergrund der Forschungs- und Entdeckungstrieb, sowie das Eindringen des Geistes in die Massen; endlich in dem Jahrhundert, welches man das der Aufklärung genannt hat, in der Zeit der großen Philosophen, die abstracte Wissenschaft und die redenden Künste. Unserer Zeit scheint es vorbehalten zu sein, diese verschiedenen Mächte und Kräfte, wenn nicht alle, so doch der Mehrzahl nach zu einem harmonischen Zusammenwirken zu vereinigen."

Zu den mannigfachen Anwendungen, welche die Elektricität in der neuern Zeit gefunden hat, ist im Laufe der letzten Jahre noch eine neue gekommen, ihre Verwendung zur Uebertragung von mechanischer Kraft. Das Mittel dazu bietet die dynamoelektrische Maschine, welche einestheils die Möglichkeit bietet, Arbeitskraft in jedem Betrage in elektrischen Strom umzuwandeln, die aber auch anderntheils, wenn sie durch einen elektrischen Strom in Gang gesetzt wird, wieder Arbeitskraft liefert. Auf der vorjährigen Berliner Gewerbe-Ausstellung hatte die Firma Siemens und Halske zwei Beispiele solcher Kraftübertragung ausgestellt. Ein großer Webstuhl und einige kleinere Maschinen wurden durch eine elektrodynamische Maschine betrieben, die von einer, mit Ausnahme der Stellung der Federcontacte, gleichconstruirten dynamoelektrischen Maschine, welche im Maschinenraum aufgestellt war, mittelst einer Drahtleitung in Bewegung gesetzt wurde. Ferner war eine etwa 300 Meter lange, in sich geschlossene, schmalspurige Eisenbahn ausgestellt, auf welcher eine kleine elektrische Locomotive mit drei angehängten Personenwagen in einer Geschwindigkeit von 3 bis 4 Meter in der Secunde lief. Die Laufschienen der Bahn bildeten die eine Leitung zu der im Maschinenraume stehenden dynamoelektrischen Licht-

maschine größerer Sorte, während eine zwischen den Laufschienen und ohne metallische Verbindung mit diesen angebrachte Mittelschiene das Ende der anderen Leitung bildete. Die Locomotive bestand im wesentlichen aus einer der stromgebenden ganz gleichen Maschine, von welcher das eine Drahtende durch die Räder der Locomotive mit den Laufschienen in leitender Verbindung stand, während das andere Ende durch eine Contactvorrichtung mit der Mittelschiene communicirte. Wurde der Stromlauf geschlossen und die stromgebende Maschine mit etwa 6 bis 700 Umdrehungen in der Minute continuirlich gedreht, so setzte sich die Locomotive mit großer Kraft in Bewegung und durchlief mit constanter Geschwindigkeit die Bahn. Die Locomotive zog an ihrem Zughaken mit etwa 200 Kilogr. wenn die Wagen festgehalten wurden, und mit 70 bis 80 Kilogr. während der Fahrt mit 3 Meter Geschwindigkeit, was etwa einer Arbeitsleistung von drei effectiven Pferdestärken entsprach. Auffallend erscheint hierbei daß diese Geschwindigkeit sich nur wenig änderte, wenn anstatt der gewöhnlichen Belastung der Personenwagen (mit 18 Personen) eine doppelte und selbst dreifache Belastung eintrat, und daß die Kraft des ersten Anzuges eine so sehr bedeutende war. Es ist dieß eine Eigenthümlichkeit der elektrischen Kraftübertragung überhaupt, deren Theorie Werner Siemens in Kürze unter folgende Gesichtspunkte bringt.

Wird eine dynamoelektrische Maschine der Gramme'schen oder v. Hefner'schen Construction (vgl. dieses Jahrb. XII, S. 228) mit geschlossener Leitung in Drehung gesetzt, so wächst der Strom und damit der Magnetismus des feststehenden Elektromagnets so weit an, wie die Construction der Maschine und der eingeschaltete Widerstand es zulassen. Die Arbeitskraft, welche erforderlich ist, um die vom Strome durchlaufenen Umwindungsdrähte des rotirenden Eisenringes des Cylinders durch die Anziehungssphäre der Magnetpole (das magnetische Feld) hindurchzutreiben, ist dabei erstens der Stromstärke in den Drähten, zweitens der Stärke des Magnetismus, welcher innerhalb gewisser Grenzen ebenfalls proportional der Stromstärke ist, und drittens der Geschwindigkeit der Drähte oder der Rotationsgeschwindigket proportional. Da nun auch die Stromstärke dieser Geschwindigkeit als ihrer erzeugenden Ursache proportional ist,

so muß die zur Drehung verwendete Arbeit im Verhältniß der dritten Potenz der Rotationsgeschwindigkeit stehen. Anders ist es, wenn eine zweite gleiche oder ähnliche Maschine in den Kreislauf eingeschaltet ist. Diese wird durch den Strom, den die mechanisch in Drehung gesetzte dynamoelektrische Maschine erzeugt, ihrerseits als elektromagnetische Maschine gedreht und bringt dann, wie schon Jacobi fand, einen Gegenstrom hervor, der den wirkenden Strom schwächt. Ist diese arbeiterzeugende Maschine von gleicher Construction wie die stromerzeugende, so ist der auftretende Gegenstrom ebenfalls dem Quadrat ihrer Drehungsgeschwindigkeit proportional. Das Endresultat ist mithin eine im ganzen Leitungskreise thätige Stromstärke, die dem Quadrat der Geschwindigkeitsdifferenz beider Maschinen proportional ist. Sind also c und c′ die Geschwindigkeiten der beiden entgegengesetzt rotirenden Maschinen, so ist die herrschende Stromstärke proportional $(c - c')^2$.

Es ist dann die von der stromerzeugenden Maschine verbrauchte Arbeit $(c - c')^2 . c . k$ und die von der durch den Strom gedrehten Maschine geleistete Arbeit $(c - c')^2 . c' . k$, wobei k eine von der Construction abhängige Constante bezeichnet. Das Maximum der Arbeitsleistung tritt ein, wenn $c' = \frac{c}{3}$ ist, woraus gleichzeitig folgt, daß bei Erzielung des Arbeitsmaximums nur $1/3$ der verwendeten Arbeitskraft zur Benutzung kommt. Andererseits ist aber das Verhältniß der aufgewendeten zur geleisteten Arbeit $= \frac{(c - c')^2 . c . k}{(c - c')^2 . c' . k} = \frac{c}{c'}$ was besagt, daß die nutzbar gemachte Arbeit mit der Geschwindigkeit der Drehung proportional zunimmt. Die Frage: der wievielte Theil der aufgewendeten Arbeitskraft bei der elektrischen Kraftübertragung gewonnen wird, ist mithin allgemein dahin zu beantworten, daß der Kraftverlust um so geringer wird, je schneller die Maschine sich drehen und daß er Null werden würde, wenn man sie unendlich schnell drehen könnte. Es folgt ferner aus der Formel, daß die Zugkraft der arbeitenden Maschine in viel größerem Verhältniß als die Geschwindigkeitsdifferenz der beiden Maschinen ansteigt, woraus unmittelbar die geringe Abhängigkeit der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Locomotive von der zu bewegenden Last und die

große Kraft des ersten Anzugs sich ergiebt. Es muß hierbei bemerkt werden, daß die obige Rechnung weder die innere Reibung der Maschinen noch den veränderlichen Widerstand der Schleifcontacte u. s. w. berücksichtigt, welche unter Umständen schwer ins Gewicht fallen.

Obgleich noch viele constructive Schwierigkeiten zu überwinden und viele Erfindungen noch zu machen sind, um elektrische Kraftübertragung im Allgemeinen und elektrischen Eisenbahn- oder besser Spurwegsbetrieb im Speciellen zur praktischen Benutzung im großen Maßstab völlig geeignet zu machen, so muß man doch die ersten damit gewonnenen Resultate für sehr befriedigend und vielversprechend erklären. Unter günstigen Verhältnissen können sie schon in ihrem gegenwärtigen Entwickelungsstadium sehr gute Dienste leisten.

Soweit Dr. Siemens in dem citirten Vortrage. Die berühmte Firma, an deren Spitze derselbe steht, hat denn auch nicht gezögert mit dem Versuche, eine elektrische Eisenbahn in größerem Maßstabe anzulegen und dem Berliner Magistrate einen dahin gehenden Vorschlag gemacht. Hiernach soll eine elektrische Hochbahn vom Belle-Alliance-Platze durch die Friedrichs- und Chausseestraße nach dem Weddingplatz geführt werden, um Personen auf größere Strecken zu befördern, namentlich nach den verschiedenen Stationen der Stadtbahn. Sie soll, in zwei Bahnstränge getheilt für Hin- und Rückfahrt, auf beiden Seiten des Straßendammes auf $4^1/_2$ Meter hohen, etwa 10 Meter von einander abstehenden eisernen Säulen angebracht werden; auf diesen sollen die Blechträger angebracht werden, welche die Schienen tragen, aber ohne mit ihnen in leitender Verbindung zu stehen. Die Geleise sollen nur ein Meter breit sein und auf ihnen sollen kleine Wagen laufen für je 15 Personen; die Achsen aller Räder sollen einzeln gelagert und die Lager jeder Seite leitend mit einander verbunden sein. Die Dynamomaschine soll unter dem Boden des Wagens angebracht und die Triebkraft durch Riemen und Triebrad übertragen werden. Auf einem Grundstück in der Nähe würde die feststehende, durch eine Dampfmaschine zu treibende dynamoelektrische Maschine aufgestellt werden. Man rechnet auf eine Geschwindigkeit von 30 bis 40 Kilom. in der Stunde.

Die elektrische Locomotive ist schwerlich jemals berufen,

auf großen Bahnen der Dampflocomotive Concurrenz zu machen. Sie kann aber auch auf solchen Bahnen Anwendung finden, wo es gilt, bedeutende Steigungen zu überwinden. Mit Hilfe der Elektricität würde es möglich sein, die Zugkraft auf beliebig viele Achsen des Zuges selbst zu vertheilen, und so denselben bergan zu befördern; aber ebenso würde die Dynamomaschine auch beim Niedergang gute Dienste leisten, denn sie ist zur Arbeitvernichtung gleich brauchbar wie zur Arbeitleistung. Ebenso würden solche Maschinen auf kleinen Arbeitsplätzen, in Schächten, wo die Motoren über Tage stehen, und auf kleinen bedeckten Bahnen für Packet- und besonders Briefbeförderung auch auf größere Strecken sehr brauchbar sein.

Ueber den

Einfluß des elektrischen Lichtes auf das Wachsthum der Pflanzen

hat Dr. C. William Siemens der Londoner Royal Society am 4. März höchst interessante Mittheilungen gemacht[1]), die wir hier im Auszuge wiedergeben.

Nachdem derselbe darauf hingewiesen, daß der in den Blattzellen der Pflanzen vor sich gehende chemische Prozeß, abhängig ist von den Strahlen der Sonne, wirft er die Frage auf, ob man hierzu nicht auch andere Quellen von Licht und Wärme zu Hilfe rufen könne. Schon vor etwa 2 Jahren hat er seine Hoffnung, daß der elektrische Lichtbogen sich zu diesem Zwecke als hinreichend kräftig erweisen werde, dem damaligen Präsidenten der Royal Society, Sir Joseph Hooker, mitgetheilt, und auf dessen Rath, die Sache weiter zu verfolgen, einen Plan zur Anstellung darauf bezüglicher Versuche entworfen, der indessen erst anfang dieses Jahres zur Ausführung kam. „Was mich", sagt Siemens, „dazu führte, von diesen Versuchen interessante Resultate zu erwarten", war die große Menge der blauen und chemischen Strahlen im elektrischen Lichtbogen, von denen sein Werth für die Photographie abhängt. Beim Experimentiren mit kräftigen elektrischen Lampen bin ich ferner durch die Wirkung überrascht worden, welche dieselben auf die Haut äußern: dieselbe blättert sich, ohne daß ein Gefühl von außergewöhnlicher Hitze dabei wahrgenommen wird,

1) Nature XXI, p. 546; Elektrotechn. Ztschr. April 1880, S. 128.

ab, eine Wirkung, die derjenigen analog ist, welche durch die Sonnenstrahlen in klarer Atmosphäre verursacht wird.“

Die Versuche wurden in Siemens' Garten in Sherwood angestellt, wo ein aus folgenden Theilen bestehender Apparat aufgestellt ward.

1) Eine verticale Siemens'sche dynamoelektrische Maschine von 50 Kilogr. Gewicht mit einem Drahtwiderstand von 0,717 Einheiten auf dem Elektromagnet. Dieselbe macht 1000 Umdrehungen in der Minute, beansprucht zu ihrer Bewegung 2 Pferdestärken und entwickelt bei einer elektromotorischen Kraft von 70 Volt einen Strom von 25 bis 27 Weber.

2) Ein Regulator oder eine Lampe für gleichgerichtete Ströme mit zwei Kohlenelektroden von 12 und 10 Millim. Durchmesser.

3) Eine dreipferdige Otto'sche Gasmaschine, die aber für weitere Versuche ersetzt werden soll durch eine Turbine, welche in etwa 1/2 engl. Meile Entfernung vom Hause durch Wasserkraft getrieben wird.

Um zunächst zu prüfen, ob das elektrische Licht eine bestimmte Wirkung auf das Wachsthum der Pflanzen ausübt, wurde ein in einer Lampe mit metallenem Reflector befindlicher Regulator in freier Luft ungefähr 2 Meter über das Glas eines eingegrabenen Melonenhauses gesetzt. Es wurde ferner eine große Menge Töpfe besät und bepflanzt mit schnell wachsenden Pflanzen, wie Senf, Carotte, schwedische Rübe, Bohne, Gurke und Melone. Die Pflanzen wurden in passenden Zwischenräumen unter den Einfluß des Tageslichtes und des elektrischen Lichtes gebracht, und zwar fielen die Strahlen in beiden Fällen nahezu unter demselben Winkel auf. Es wurde nun ein Topf von jeder Gattung vollständig im Finstern erhalten, einer nur dem elektrischen, ein anderer nur dem Tageslichte, einer endlich nach einander dem Tages- und dem elektrischen Lichte ausgesetzt. Das letztere wirkte 6 Stunden lang, von 5 bis 11 Uhr abends, während der übrigen Nachtzeit blieben alle Pflanzen im Finstern.

Der Unterschied zwischen diesen Gruppen war unverkennbar: „die im Dunkeln gehaltenen Pflanzen waren blaßgelb, dünn im Stengel und gingen bald ein. Diejenigen, welche nur dem elektrischen Lichte ausgesetzt worden waren, zeigten

ein hellgrünes Blatt und waren kräftig genug, um weiter zu leben. Die nur dem Tageslicht ausgesetzten waren von dunklerem Grün und kräftiger. Diejenigen, welche beiden Lichtquellen ausgesetzt waren, zeigten allen andern gegenüber eine entschiedene Ueberlegenheit in der Kraft, und das Grün der Blätter war von einem dunklen reichen Schmelz."

Da bei diesen Versuchen ein großer Theil der Wirkung des elektrischen Lichtes verloren ging, so brachte Siemens demnächst das elektrische Licht mit den Pflanzen in denselben Raum. Eine Abtheilung des Melonenhauses (2,21 Meter × 0,99 Meter) wurde durch Ueberdecken mit Matten verdunkelt und innen geweißt, das elektrische Licht aber über die Eingangsthür gesetzt und ein hufeisenförmiges Bretergestell zur Aufnahme der Pflanzentöpfe angebracht. Nach einem Vorversuche, bei welchem die Blätter einiger Melonen und Gurken, die in ein Meter Abstand dem Lichte gerade gegenüberstanden, sich an den Rändern umbogen und ein verdorrtes Ansehn annahmen, wurde bei etwas größerem Abstande (1,5 bis 2,3 Meter) eine durch vier Tage und Nächte fortgesetzte Versuchsreihe unternommen. Dabei wurden die Pflanzen in drei Gruppen getheilt: theils allein dem Tageslicht ausgesetzt, theils 11 Stunden der Nacht dem elektrischen Lichte, theils 11 Stunden dem Tageslicht und 11 Stunden dem elektrischen Licht ausgesetzt. Obwohl in der dritten Nacht durch eine Störung der Gasmaschine etwa die Hälfte der Lichtwirkung verloren ging, so stellte sich doch der wohlthätige Erfolg des elektrischen Lichtes als zweifellos heraus: „alle Pflanzen, welche den doppelten Vorzug von Tages- und elektrischem Licht genossen hatten, übertrafen die andern bei weitem im Dunkel des Grüns und im Allgemeinen in der Kraft der Erscheinung." Auch die durch das Uebermaß des elektrischen Lichtes am ersten Abend geschädigten Pflanzen erholten sich zusehends wieder und trieben frische Blätter, nachdem sie in 2 Meter Entfernung vom Licht gestellt worden waren. „Ein Topf mit Tulpenknospen wurde dieses elektrische Treibhaus gesetzt, und man konnte beobten, daß sich die Blüthen nach 2 Stunden vollständig genet hatten."

Weitere Versuche zeigten, daß die im elektrischen Licht-›gen entwickelte Kohlensäure und die ebendaselbst erzeugten

hat, das Bedürfniß nach einer dauernden Vereinigung der auf diesem Gebiete wissenschaftlich, gewerblich und verwaltend thätigen Kräfte mehr und mehr hervortreten lassen. Während anderwärts, namentlich in England, Vereine dieser Art bestehen und eine nützliche Thätigkeit in wissenschaftlicher wie in industrieller Richtung entfalten, fehlte es bis jetzt in Deutschland an einem Organe, welches einen Vereinigungspunkt für die vereinzelt hervortretenden Bestrebungen zur Erweiterung der wissenschaftlichen Kenntniß der Elektricität und zur Förderung der auf ihrer Anwendung beruhenden technischen Interessen zu bilden geeignet war. Den vereinten Anregungen des Generalpostmeisters Dr. Stephan und des Dr. Werner Siemens in Berlin ist es gelungen, diesem Bedürfniß abzuhelfen durch die Gründung des Elektrotechnischen Vereins, die in Berlin am 20. December vor. J. erfolgte. Während aber ähnliche Vereinigungen in andern Ländern sich auf einzelne Zweige der Elektrotechnik, etwa das Telegraphenwesen, beschränken, umfaßt die Thätigkeit des deutschen Vereins das Gesammtgebiet der Elektrotechnik nach seiner wissenschaftlichen, technischen und gewerblichen Seite. Ein wesentliches Hilfsmittel dazu bildet die „Elektrotechnische Zeitschrift", die seit Beginn des laufenden Jahres unter Redaction des Prof. Zetzsche allmonatlich erscheint.

Daß die Gründung des Vereines einem wirklichen Bedürfnisse entsprach, trat sehr bald in den zahlreichen Anmeldungen von Mitgliedern zu Tage. Bei der ersten ordentlichen Generalversammlung, welche am 27. Januar d. J. in Berlin im großen Hörsale der Post- und Telegraphenverwaltung abgehalten wurde, konnte der Generalpostmeister Dr. Stephan in seiner Eröffnungsrede bereits einen Bestand von wirklichen und angemeldeten Mitgliedern von mehr als 700 constatiren, die allen Theilen Deutschlands, zum Theil auch dem benachbarten Ausland angehören und bei denen alle Stände vertreten sind: die Gelehrtenwelt, die Kreise der Techniker, die Armee und die Marine, die verschiedenen Zweige der Civilverwaltung, Handel und Gewerbe, die Schule und die Kunst, die Großindustrie und die Landwirthschaft. Daß der Grundgedanke, der bei der Errichtung des Vereins vorgeschwebt: die Verbindung von Wissenschaft und Leben auf dem speciellen Gebiete der

Elektrotechnik in so weiten Kreisen Anklang gefunden, liege wohl, so führte der Redner weiter aus, wesentlich mit in der Richtung der Zeit. „Jede der wichtigeren Culturepochen in der menschlichen Entwickelung ist bisher beherrscht gewesen von einer der großen Mächte, die im Reiche der Ideen oder auf dem Gebiete der Materie in der Welt wirksam sind — das Hellenenthum von der Kunst, das Römerreich von der Politik, das Mittelalter von der Kirche; im Beginn derjenigen Periode, welche wir gewohnt sind, die neuere Geschichte zu nennen, trat dann in den Vordergrund der Forschungs- und Entdeckungstrieb, sowie das Eindringen des Geistes in die Massen; endlich in dem Jahrhundert, welches man das der Aufklärung genannt hat, in der Zeit der großen Philosophen, die abstracte Wissenschaft und die redenden Künste. Unserer Zeit scheint es vorbehalten zu sein, diese verschiedenen Mächte und Kräfte, wenn nicht alle, so doch der Mehrzahl nach zu einem harmonischen Zusammenwirken zu vereinigen."

Zu den mannigfachen Anwendungen, welche die Elektricität in der neuern Zeit gefunden hat, ist im Laufe der letzten Jahre noch eine neue gekommen, ihre Verwendung zur Uebertragung von mechanischer Kraft. Das Mittel dazu bietet die dynamoelektrische Maschine, welche einestheils die Möglichkeit bietet, Arbeitskraft in jedem Betrage in elektrischen Strom umzuwandeln, die aber auch anderntheils, wenn sie durch einen elektrischen Strom in Gang gesetzt wird, wieder Arbeitskraft liefert. Auf der vorjährigen Berliner Gewerbe-Ausstellung hatte die Firma Siemens und Halske zwei Beispiele solcher Kraftübertragung ausgestellt. Ein großer Webstuhl und einige kleinere Maschinen wurden durch eine elektrodynamische Maschine betrieben, die von einer, mit Ausnahme der Stellung der Federcontacte, gleichconstruirten dynamoelektrischen Maschine, welche im Maschinenraum aufgestellt war, mittelst einer Drahtleitung in Bewegung gesetzt wurde. Ferner war eine etwa 300 Meter lange, in sich geschlossene, schmalspurige Eisenbahn ausgestellt, auf welcher eine kleine elektrische Locomotive mit drei angehängten Personenwagen in einer Geschwindigkeit von 3 bis 4 Meter in der Secunde lief. Die Laufschienen der Bahn bildeten die eine Leitung zu der im Maschinenraume stehenden dynamoelektrischen Licht-

maschine größerer Sorte, während eine zwischen den Laufschienen und ohne metallische Verbindung mit diesen angebrachte Mittelschiene das Ende der anderen Leitung bildete. Die Locomotive bestand im wesentlichen aus einer der stromgebenden ganz gleichen Maschine, von welcher das eine Drahtende durch die Räder der Locomotive mit den Laufschienen in leitender Verbindung stand, während das andere Ende durch eine Contactvorrichtung mit der Mittelschiene communicirte. Wurde der Stromlauf geschlossen und die stromgebende Maschine mit etwa 6 bis 700 Umdrehungen in der Minute continuirlich gedreht, so setzte sich die Locomotive mit großer Kraft in Bewegung und durchlief mit constanter Geschwindigkeit die Bahn. Die Locomotive zog an ihrem Zughaken mit etwa 200 Kilogr. wenn die Wagen festgehalten wurden, und mit 70 bis 80 Kilogr. während der Fahrt mit 3 Meter Geschwindigkeit, was etwa einer Arbeitsleistung von drei effectiven Pferdestärken entsprach. Auffallend erscheint hierbei daß diese Geschwindigkeit sich nur wenig änderte, wenn anstatt der gewöhnlichen Belastung der Personenwagen (mit 18 Personen) eine doppelte und selbst dreifache Belastung eintrat, und daß die Kraft des ersten Anzuges eine so sehr bedeutende war. Es ist dieß eine Eigenthümlichkeit der elektrischen Kraftübertragung überhaupt, deren Theorie Werner Siemens in Kürze unter folgende Gesichtspunkte bringt.

Wird eine dynamoelektrische Maschine der Gramme'schen oder v. Hefner'schen Construction (vgl. dieses Jahrb. XII, S. 228) mit geschlossener Leitung in Drehung gesetzt, so wächst der Strom und damit der Magnetismus des feststehenden Elektromagnets so weit an, wie die Construction der Maschine und der eingeschaltete Widerstand es zulassen. Die Arbeitskraft, welche erforderlich ist, um die vom Strome durchlaufenen Umwindungsdrähte des rotirenden Eisenringes des Cylinders durch die Anziehungssphäre der Magnetpole (das magnetische Feld) hindurchzutreiben, ist dabei erstens der Stromstärke in den Drähten, zweitens der Stärke des Magnetismus, welcher innerhalb gewisser Grenzen ebenfalls proportional der Stromstärke ist, und drittens der Geschwindigkeit der Drähte oder der Rotationsgeschwindigket proportional. Da nun auch die Stromstärke dieser Geschwindigkeit als ihrer erzeugenden Ursache proportional ist,

so muß die zur Drehung verwendete Arbeit im Verhältniß der dritten Potenz der Rotationsgeschwindigkeit stehen. Anders ist es, wenn eine zweite gleiche oder ähnliche Maschine in den Kreislauf eingeschaltet ist. Diese wird durch den Strom, den die mechanisch in Drehung gesetzte dynamoelektrische Maschine erzeugt, ihrerseits als elektromagnetische Maschine gedreht und bringt dann, wie schon Jacobi fand, einen Gegenstrom hervor, der den wirkenden Strom schwächt. Ist diese arbeiterzeugende Maschine von gleicher Construction wie die stromerzeugende, so ist der auftretende Gegenstrom ebenfalls dem Quadrat ihrer Drehungsgeschwindigkeit proportional. Das Endresultat ist mithin eine im ganzen Leitungskreise thätige Stromstärke, die dem Quadrat der Geschwindigkeitsdifferenz beider Maschinen proportional ist. Sind also c und c′ die Geschwindigkeiten der beiden entgegengesetzt rotirenden Maschinen, so ist die herrschende Stromstärke proportional $(c - c')^2$.

Es ist dann die von der stromerzeugenden Maschine verbrauchte Arbeit $(c - c')^2 . c . k$ und die von der durch den Strom gedrehten Maschine geleistete Arbeit $(c - c')^2 . c' . k$, wobei k eine von der Construction abhängige Constante bezeichnet. Das Maximum der Arbeitsleistung tritt ein, wenn $c' = \frac{c}{3}$ ist, woraus gleichzeitig folgt, daß bei Erzielung des Arbeitsmaximums nur $1/3$ der verwendeten Arbeitskraft zur Benutzung kommt. Andererseits ist aber das Verhältniß der aufgewendeten zur geleisteten Arbeit $= \frac{(c - c')^2 . c . k}{(c - c')^2 . c' . k} = \frac{c}{c'}$ was besagt, daß die nutzbar gemachte Arbeit mit der Geschwindigkeit der Drehung proportional zunimmt. Die Frage: der wievielte Theil der aufgewendeten Arbeitskraft bei der elektrischen Kraftübertragung gewonnen wird, ist mithin allgemein dahin zu beantworten, daß der Kraftverlust um so geringer wird, je schneller die Maschine sich drehen und daß er Null werden würde, wenn man sie unendlich schnell drehen könnte. Es folgt ferner aus der Formel, daß die Zugkraft der arbeitenden Maschine in viel größerem Verhältniß als die Geschwindigkeitsdifferenz der beiden Maschinen ansteigt, woraus unmittelbar die geringe Abhängigkeit der Fortbewegungsgeschwindigkeit der Locomotive von der zu bewegenden Last und die

große Kraft des ersten Anzugs sich ergiebt. Es muß hierbei bemerkt werden, daß die obige Rechnung weder die innere Reibung der Maschinen noch den veränderlichen Widerstand der Schleifcontacte u. s. w. berücksichtigt, welche unter Umständen schwer ins Gewicht fallen.

Obgleich noch viele constructive Schwierigkeiten zu überwinden und viele Erfindungen noch zu machen sind, um elektrische Kraftübertragung im Allgemeinen und elektrischen Eisenbahn- oder besser Spurwegsbetrieb im Speciellen zur praktischen Benutzung im großen Maßstab völlig geeignet zu machen, so muß man doch die ersten damit gewonnenen Resultate für sehr befriedigend und vielversprechend erklären. Unter günstigen Verhältnissen können sie schon in ihrem gegenwärtigen Entwickelungsstadium sehr gute Dienste leisten.

Soweit Dr. Siemens in dem citirten Vortrage. Die berühmte Firma, an deren Spitze derselbe steht, hat denn auch nicht gezögert mit dem Versuche, eine elektrische Eisenbahn in größerem Maßstabe anzulegen und dem Berliner Magistrate einen dahin gehenden Vorschlag gemacht. Hiernach soll eine elektrische Hochbahn vom Belle-Alliance-Platze durch die Friedrichs- und Chausseestraße nach dem Weddingplatz geführt werden, um Personen auf größere Strecken zu befördern, namentlich nach den verschiedenen Stationen der Stadtbahn. Sie soll, in zwei Bahnstränge getheilt für Hin- und Rückfahrt, auf beiden Seiten des Straßendammes auf 4 1/2 Meter hohen, etwa 10 Meter von einander abstehenden eisernen Säulen angebracht werden; auf diesen sollen die Blechträger angebracht werden, welche die Schienen tragen, aber ohne mit ihnen in leitender Verbindung zu stehen. Die Geleise sollen nur ein Meter breit sein und auf ihnen sollen kleine Wagen laufen für je 15 Personen; die Achsen aller Räder sollen einzeln gelagert und die Lager jeder Seite leitend mit einander verbunden sein. Die Dynamomaschine soll unter dem Boden des Wagens angebracht und die Triebkraft durch Riemen und Triebrad übertragen werden. Auf einem Grundstück in der Nähe würde die feststehende, durch eine Dampfmaschine zu treibende dynamoelektrische Maschine aufgestellt werden. Man rechnet auf eine Geschwindigkeit von 30 bis 40 Kilom. in der Stunde.

Die elektrische Locomotive ist schwerlich jemals berufen,

auf großen Bahnen der Dampflocomotive Concurrenz zu machen. Sie kann aber auch auf solchen Bahnen Anwendung finden, wo es gilt, bedeutende Steigungen zu überwinden. Mit Hilfe der Elektricität würde es möglich sein, die Zugkraft auf beliebig viele Achsen des Zuges selbst zu vertheilen, und so denselben bergan zu befördern; aber ebenso würde die Dynamomaschine auch beim Niedergang gute Dienste leisten, denn sie ist zur Arbeitvernichtung gleich brauchbar wie zur Arbeitleistung. Ebenso würden solche Maschinen auf kleinen Arbeitsplätzen, in Schächten, wo die Motoren über Tage stehen, und auf kleinen bedeckten Bahnen für Packet- und besonders Briefbeförderung auch auf größere Strecken sehr brauchbar sein.

Ueber den

Einfluß des elektrischen Lichtes auf das Wachsthum der Pflanzen

hat Dr. C. William Siemens der Londoner Royal Society am 4. März höchst interessante Mittheilungen gemacht[1]), die wir hier im Auszuge wiedergeben.

Nachdem derselbe darauf hingewiesen, daß der in den Blattzellen der Pflanzen vor sich gehende chemische Prozeß, abhängig ist von den Strahlen der Sonne, wirft er die Frage auf, ob man hierzu nicht auch andere Quellen von Licht und Wärme zu Hilfe rufen könne. Schon vor etwa 2 Jahren hat er seine Hoffnung, daß der elektrische Lichtbogen sich zu diesem Zwecke als hinreichend kräftig erweisen werde, dem damaligen Präsidenten der Royal Society, Sir Joseph Hooker, mitgetheilt, und auf dessen Rath, die Sache weiter zu verfolgen, einen Plan zur Anstellung darauf bezüglicher Versuche entworfen, der indessen erst anfang dieses Jahres zur Ausführung kam. „Was mich“, sagt Siemens, „dazu führte, von diesen Versuchen interessante Resultate zu erwarten“, war die große Menge der blauen und chemischen Strahlen im elektrischen Lichtbogen, von denen sein Werth für die Photographie abhängt. Beim Experimentiren mit kräftigen elektrischen Lampen bin ich ferner durch die Wirkung überrascht worden, welche dieselben auf die Haut äußern: dieselbe blättert sich, ohne daß ein Gefühl von außergewöhnlicher Hitze dabei wahrgenommen wird,

1) Nature XXI, p. 546; Elektrotechn. Ztschr. April 1880, S. 128.

ab, eine Wirkung, die derjenigen analog ist, welche durch die Sonnenstrahlen in klarer Atmosphäre verursacht wird.“

Die Versuche wurden in Siemens' Garten in Sherwood angestellt, wo ein aus folgenden Theilen bestehender Apparat aufgestellt ward.

1) Eine verticale Siemens'sche dynamoelektrische Maschine von 50 Kilogr. Gewicht mit einem Drahtwiderstand von 0,717 Einheiten auf dem Elektromagnet. Dieselbe macht 1000 Umdrehungen in der Minute, beansprucht zu ihrer Bewegung 2 Pferdestärken und entwickelt bei einer elektromotorischen Kraft von 70 Volt einen Strom von 25 bis 27 Weber.

2) Ein Regulator oder eine Lampe für gleichgerichtete Ströme mit zwei Kohlenelektroden von 12 und 10 Millim. Durchmesser.

3) Eine dreipferdige Otto'sche Gasmaschine, die aber für weitere Versuche ersetzt werden soll durch eine Turbine, welche in etwa 1/2 engl. Meile Entfernung vom Hause durch Wasserkraft getrieben wird.

Um zunächst zu prüfen, ob das elektrische Licht eine bestimmte Wirkung auf das Wachsthum der Pflanzen ausübt, wurde ein in einer Lampe mit metallenem Reflector befindlicher Regulator in freier Luft ungefähr 2 Meter über das Glas eines eingegrabenen Melonenhauses gesetzt. Es wurde ferner eine große Menge Töpfe besät und bepflanzt mit schnell wachsenden Pflanzen, wie Senf, Carotte, schwedische Rübe, Bohne, Gurke und Melone. Die Pflanzen wurden in passenden Zwischenräumen unter den Einfluß des Tageslichtes und des elektrischen Lichtes gebracht, und zwar fielen die Strahlen in beiden Fällen nahezu unter demselben Winkel auf. Es wurde nun ein Topf von jeder Gattung vollständig im Finstern erhalten, einer nur dem elektrischen, ein anderer nur dem Tageslichte, einer endlich nach einander dem Tages- und dem elektrischen Lichte ausgesetzt. Das letztere wirkte 6 Stunden lang, von 5 bis 11 Uhr abends, während der übrigen Nachtzeit blieben alle Pflanzen im Finstern.

Der Unterschied zwischen diesen Gruppen war unverkennbar: „die im Dunkeln gehaltenen Pflanzen waren blaßgelb, dünn im Stengel und gingen bald ein. Diejenigen, welche nur dem elektrischen Lichte ausgesetzt worden waren, zeigten

ein hellgrünes Blatt und waren kräftig genug, um weiter zu leben. Die nur dem Tageslicht ausgesetzten waren von dunklerem Grün und kräftiger. Diejenigen, welche beiden Lichtquellen ausgesetzt waren, zeigten allen andern gegenüber eine entschiedene Ueberlegenheit in der Kraft, und das Grün der Blätter war von einem dunklen reichen Schmelz."

Da bei diesen Versuchen ein großer Theil der Wirkung des elektrischen Lichtes verloren ging, so brachte Siemens demnächst das elektrische Licht mit den Pflanzen in denselben Raum. Eine Abtheilung des Melonenhauses (2,21 Meter × 0,99 Meter) wurde durch Ueberdecken mit Matten verdunkelt und innen geweißt, das elektrische Licht aber über die Eingangsthür gesetzt und ein hufeisenförmiges Bretergestell zur Aufnahme der Pflanzentöpfe angebracht. Nach einem Vorversuche, bei welchem die Blätter einiger Melonen und Gurken, die in ein Meter Abstand dem Lichte gerade gegenüberstanden, sich an den Rändern umbogen und ein verdorrtes Ansehn annahmen, wurde bei etwas größerem Abstande (1,5 bis 2,3 Meter) eine durch vier Tage und Nächte fortgesetzte Versuchsreihe unternommen. Dabei wurden die Pflanzen in drei Gruppen getheilt: theils allein dem Tageslicht ausgesetzt, theils 11 Stunden der Nacht dem elektrischen Lichte, theils 11 Stunden dem Tageslicht und 11 Stunden dem elektrischen Licht ausgesetzt. Obwohl in der dritten Nacht durch eine Störung der Gasmaschine etwa die Hälfte der Lichtwirkung verloren ging, so stellte sich doch der wohlthätige Erfolg des elektrischen Lichtes als zweifellos heraus: „alle Pflanzen, welche den doppelten Vorzug von Tages- und elektrischem Licht genossen hatten, übertrafen die andern bei weitem im Dunkel des Grüns und im Allgemeinen in der Kraft der Erscheinung." Auch die durch das Uebermaß des elektrischen Lichtes am ersten Abend geschädigten Pflanzen erholten sich zusehends wieder und trieben frische Blätter, nachdem sie in 2 Meter Entfernung vom Licht gestellt worden waren. „Ein Topf mit Tulpenknospen wurde in dieses elektrische Treibhaus gesetzt, und man konnte beobachten, daß sich die Blüthen nach 2 Stunden vollständig geöffnet hatten."

Weitere Versuche zeigten, daß die im elektrischen Lichtbogen entwickelte Kohlensäure und die ebendaselbst erzeugten

Stickstoffverbindungen eine schädliche Wirkung auf die Pflanzen nicht ausübten. Es hat hiernach den Anschein, als ob der Zufluß reiner Kohlensäure, welcher aus der vollkommenen Verbrennung der Kohlenspitzen bei hoher Temperatur resultirt, unter Einfluß eines Ueberschusses an Sauerstoff genügte, um die Lebensfunctionen der Pflanzen zu unterhalten. Wenn die Stickstoffverbindungen, welche, wie Prof. Dewar gezeigt hat, im elektrischen Bogen entwickelt werden, in großen Mengen erzeugt würden, müßten nachtheilige Folgen für die Pflanzen zweifellos eintreten, in einer gut eingerichteten Lampe mit freier Luftcirkulation ist aber ihre Menge nur gering.

Diese Versuche thun nicht nur die Fähigkeit des elektrischen Lichtes dar, „Vegetation hervorzurufen, sondern sie beweisen auch die wichtige Thatsache, daß die tägliche Ruhe für das Leben der Pflanzen nicht nothwendig ist, obwohl vielleicht die Dauer dieser Versuche zu beschränkt ist, um diese Thatsache in entscheidender Weise zu erhärten." Daß diese Ruhe nicht nöthig ist, schließt Siemens auch aus der außerordentlich raschen Entwickelung der Pflanzenwelt in polaren Gegenden, wenn während des kurzen Sommers die Sonne fast nicht oder gar nicht untergeht.

Im Bezug auf letzteren Punkt hat Prof. Schübler in Christiania in der norwegischen Zeitschrift „Naturen" äußerst interessante Ergebnisse seiner dreißigjährigen Untersuchungen veröffentlicht.[1]) Aus ihnen geht hervor, daß je weiter man — innerhalb gewisser Grenzen — nach Norden geht, die Entwickelung des Pigments in den Pflanzen immer intensiver wird. Winterweizen, dessen Saamen aus Bessarabien oder Ohio stammt, nimmt nach einigen Jahren die gelbbraune Farbe des norwegischen Winterweizens an; ähnlich verhalten sich auch Mais, verschiedene Arten Bohnen und Erbsen, Sellerie, Petersilie u. a. Epilobium angustifolium, Lychnis sylvestris, Geranium sylvaticum und andere in Lapmarken häufig vorkommende Pflanzen haben hier eine Größe und Farbenpracht, die man im südlichen Schweden bei ihnen nicht kennt; bei Veronica serpyllifolia geht die hellblaue Färbung im hohen Norden in dunkelblau über, Trientalis europaea hat dort

1) Vgl. die engl. Ztschr. „Nature" XXI, p. 311.

eine hellrothe Farbe. Ueberhaupt ist eine röthliche Färbung charakteristisch für die Vegetation der norwegischen Fjälde (Hochebenen). Ebenso wird der Wohlgeschmack der Früchte und das Arom weiter im Norden größer, während der Zuckergehalt abnimmt. Gewöhnliche gelbe Pflaumen und Reineclauden sind in Trondhjem von bedeutender Größe, schöner Farbe und reich an Arom, aber so wenig süß, daß sie allen, die diese Früchte in Frankreich oder dem südlichen Deutschland gegessen haben, unreif erscheinen. Englischer Staudensellerie, in der Gegend von Christiania genau nach englischer Methode gebaut, erhält durch das Uebermaß von Arom einen unangenehm scharfen Geschmack, und ähnliches ist auch bei Knoblauch, Schalotten und Zwiebeln der Fall. Norwegischer Wachholder liefert (nach Prof. Flückiger in Straßburg) viel mehr ätherisches Oel als in Centraleuropa gewachsener, und nach Schübler liefern uncultivirte Leinpflanzen in Norwegen 4 bis 5, auch 5 bis 8 Proc. Oel vom Gewicht der Pflanze, während der Ertrag in Holland, Deutschland und dem mittlern Rußland nur 3 bis 4 Proc. beträgt. Auch glaubt Schübler, daß der bei Christiania und Trondhjem gewachsene Lavendel den berühmten englischen noch an Arom übertrifft. Licht erzeugt nach seiner Ansicht Arom, Wärme dagegen Zucker; in wieweit der Gehalt an Pflanzenalkaloiden durch die langdauernde Belichtung beeinflußt wird, hat er nicht feststellen können.

Was den Einfluß der beständigen Belichtung auf reizbare Pflanzen anlangt, so berichtet Schübler, daß Acacia lophanta zu Alten in West-Finmarken und in Stamsund auf den Lofoden während des ganzen zwei Monate oder länger dauernden beständigen Tages ihre Blätter nicht schließt; bei einem zu Alten angestellten Versuche wurde die Hälfte der Krone einer Akazie während der Nacht beschattet, und die Folge war, daß in Zeit von 20 Minuten die im Schatten befindlichen Blätter sich zusammenzulegen begannen und so lange geschlossen blieben, bis sie wieder der Mitternachtssonne ausgesetzt wurden. Die Blätter der Mimosa pudica dagegen legten sich auch in den hellsten Nächten einige Stunden zusammen.

Auch unter dem Einflusse der Strahlen des elektrischen Lichtes sah Siemens die Blätter einer Acacia lophanta sich öffnen.

Derselbe ging in seinen Versuchen noch einen Schritt

weiter, indem er die elektrische Lampe in ein aus eingerahmtem Glas gebautes, 8,62 Meter langes, 4,42 Meter breites und durchschnittlich 4,42 Meter hohes Palmenhaus versetzte, in dessen Mitte eine Banane und einige kleinere Palmen standen, während die Seiten mit einer großen Mannigfaltigkeit blühender Pflanzen besetzt war. Das elektrische Licht wurde über der Südecke hoch oben so angebracht, daß die Strahlen ungefähr in derselben Richtung wie die der Mittagssonne auf die Pflanzen fielen. Hinter der Lampe wurde ein metallener Reflector aufgestellt. Längs der Ostwand des Hauses standen einige junge Reben, die ihre Wurzeln in einem draußen gelegenen Beete hatten; auf dem Boden wurden in verschiedenen Entfernungen vom elektrischen Lichte junge Apricosenpflaumen, die eben zu knospen begannen, aufgestellt, ferner einige Rosenstöcke, Geranien, Orchideen 2c. Die elektrische Lampe wurde vom 18. bis 24. Februar mit Ausnahme Sonntags nachts von abends 5 Uhr bis früh 6 Uhr brennend und die Temperatur des Hauses indessen auf 18° C erhalten. Die Pflanzen zeigten dabei beständig ein gesundes Aussehn; von den Alicantereben machte die dem elektrischen Lichte zunächst stehende die meisten Fortschritte, und ebenso war es bei den Apricosenpflaumen und den Rosen. Auch andere Pflanzen, wie Geranium, denen die Temperatur eigentlich zu hoch war, hatten beständig ein kräftiges Aussehn, das elektrische Licht scheint also ein Zusammenfallen des Organismus durch übermäßige Wärme zu verhüten.

Hierauf wurde das elektrische Licht noch zur Förderung des Wachsthums der Pflanzen in offener Luft und unter Glas zu gleicher Zeit angewandt. Der Regulator wurde auf seine frühere Stelle, 2 Meter über dem Boden, zurückgebracht, zwischen einem eingegrabenen Melonenbeete auf der einen und einem ähnlichen, Rosen, Erdbeeren, Lilien und andere Pflanzen enthaltenden auf der andern Seite. Der etwa 1 Meter breite und 7 Meter lange Raum zwischen beiden wurde mit Kästen besetzt, die Frühgemüse, Senf, Schoten, Bohnen und Kartoffeln enthielten und durch niedrige Schutzwälle gegen kalte Winde geschützt waren. Auch bei diesen Versuchen machte sich der wohlthätige Einfluß des elektrischen Lichtes geltend, namentlich beförderte es das Aufblühen der Pflanzen. Später war Siemens auch im Stande, der Royal Society Erdbeeren vorzulegen,

die unter dem Einflusse des elektrischen und des Sonnenlichtes früh zur Reife gelangt waren. Mit Rücksicht namentlich auf den Umstand, daß in England das Sonnenlicht sich häufig als unzulänglich erweist, um während der kurzen Sommermonate die Früchte, oder selbst nur das Holz der Fruchtbäume zur Reife zu bringen, glaubt Siemens, daß das elektrische Licht sich als eine außerordentlich nützliche Unterstützung und Hilfe zum Sonnenlicht zur Erzeugung reifer aromatischer Früchte unter Glas und in freier Luft erweisen werde. Die Kosten dieser Elektrohorticultur würden wesentlich vom Preise der mechanischen Kraft, die zum Betriebe der Lichtmaschine dient abhängen und sehr gering sein, wo natürliche Kraftquellen, wie Wasserfälle, zu Gebote stehen.

Diese Versuche und ihre Erfolge sind gewiß sehr interessant; indessen haben wir es bei ihnen nicht mit einer specifischen Wirkung des elektrischen Lichtes zu thun, sondern die Hauptsache liegt in der ununterbrochenen Belichtung und in dem Umstande, daß die Pflanzen der Nachtruhe nicht bedürfen.

Telegraphie.

Statistisches. Die Bedeutung des Telegraphenwesens für die Gegenwart erhellt aus folgenden Angaben:

Ende 1878 zählte das Staatstelegraphen-Netz in Europa 385 000 Kilom. Linien und 1071 000 Kilom. Leitungen mit 31 000 Telegraphenanstalten. Es kam also eine Anstalt auf je 31,8 Kilom. Leitung und 10 074 Einwohner. Das Telegraphen-Personal zählte 46 000 Köpfe. Die meisten Telegraphenämter und die größte Länge der Leitung hatte das deutsche Reich, nämlich 8225 Aemter und 209 321 Kilom.

Von den außereuropäischen Ländern hatte zu derselben Zeit annähernd

	Linien Kilom.	Leitung Kilom.	Aemter
Amerika	222 400	351 980	10 910
Asien	47 910	95 080	509
Afrika	21 841	32 040	372
Australien . . .	40 200	61 800	990

Auf der ganzen Erde waren also Ende 1878 717 351 Kilom. Linien, 1611 990 Kilom. Leitungen (40 mal so lang als der

Aequator) und 43 781 Telegraphen-Aemter, die Eisenbahntelegraphen und die Unterseelinien nicht mit gerechnet.[1])

Unterseekabel waren Ende 1879 585 im Betrieb mit 142 500 Kilom. Kabellänge.

Unterirdische Telegraphen.[2]) Der Gedanke, die Telegraphenleitung zum bessern Schutz gegen manche Beschädigungen unterirdisch anzulegen, ist schon alt. Morse schlug bereits 1837 vor, solche Leitungen in eiserne Rohren einzuschließen, und Jacobi legte 1842 auf dem Admiralitätsplatze in Petersburg eine unterirdische Leitung von 2750 Meter Länge in Glasröhren, die von einer mehrfachen Hanfumspinnung und einer Mischung von Wachs, Talg und Theer umgeben war. Der damalige Artillerielieutenant Werner Siemens schlug als Isolirmittel Guttapercha vor, und in Preußen wurden später unter Chauvin umfangreiche Versuche angestellt. Da man aber die Leitung nicht gegen Nagethiere und die Einflüsse des Bodens zu schützen vermochte, so sah man von der Ausführung längerer unterirdischer Linien ab und behielt solche nur in Städten, Eisenbahntunneln rc. bei, wo man die Leitungsdrähte in Rohre einschloß.

Die Erfahrungen bei den Unterseekabeln ließen aber später hoffen, daß es möglich sein werde, auch bei unterirdischen Linien die vorhandenen Schwierigkeiten zu überwinden, und deshalb hat die Telegraphenverwaltung des deutschen Reiches angefangen, die Hauptverkehrs- und Militär-Straßen Deutschlands mit unterirdischen Telegraphenlinien zu versehen. Außer anderen militärischen und politischen Motiven war dafür besonders maßgebend die außerordentliche Zunahme der Störungen in den oberirdischen Leitungen, welche die Frage nahe legen mußte, ob nicht durch Anlegung unterirdischer Leitungen die Interessen des Verkehrs und die finanziellen Erträge besser gewährleistet werden könnten. Die Vermehrung der Störungen ist aus folgenden Zahlen ersichtlich: es kamen vor im Jahre 1874: 350 Stangenbrüche, 875 Drahtbrüche, 2826 Nebenschließungen durch Berührung der Leitungen unter sich und durch Erdverbindung; im Jahre 1875: 506 Stangen-

1) Elektrotechn. Ztschr. Jan. 1880, S. 31.

2) Fischer, Geh. Oberpostrath Dr. Ph. D., Ueber Post und Telegraphie im Weltverkehr. Berlin 1879.

brüche, 1435 Drahtbrüche und 4076 Nebenschließungen; im Jahre 1876: 1708 Stangenbrüche, 3284 Drahtbrüche und 4415 Nebenschließungen. Diese Vermehrung der Betriebsstörungen übertraf bei Weitem die Vermehrung der Leitungen. Im Jahre 1874 waren im Betriebe durchschnittlich 107 647 Kilom. Leitungen; im Jahre 1875 123 455 Kilom. und 1876 136 891 Kilom. Es fallen also auf je 10 Kilom. im Jahre 1874 0,11 Stangenbrüche, 0,08 Drahtbrüche, 0,26 Nebenschließungen; im Jahre 1875 0,15 Stangenbrüche, 0,12 Drahtbrüche, 0,33 Nebenschließungen; im Jahre 1876 0,46 Stangenbrüche, 0,24 Drahtbrüche, 0,32 Nebenschließungen. Selbst wenn man das Jahr 1876, während dessen die Leitungen durch den Orkan vom 12. und 13. März und die Stürme vom 12. zum 13. November in großem Umfange gestört wurden, außer Betracht läßt, so ergiebt sich von 1874 auf 1875 eine Zunahme der Störungen um $^{5}/_{10}$, während die Leitungen sich nur um $^{1}/_{7}$ vermehrten. Es wäre also zu fürchten gewesen, daß, die Erweiterung des Telegraphen-Netzes lediglich durch oberirdische Leitungen vorausgesetzt, in Folge der Zunahme der Störungen das frühere ständige Deficit der Reichstelegraphen-Verwaltung wiederkehrte, das man eben durch Vereinigung der Post- und Telegraphen-Verwaltung und Einziehung des größten Theils der selbstständigen Telegraphenstationen beseitigt hatte.

Im Frühjahr 1876, bald nachdem der General-Postmeister Stephan das Telegraphenwesen mit übernommen hatte, wurde mit dem Bau der Linie Berlin-Halle begonnen, auf welcher man zunächst Erfahrungen sammeln wollte, und bis 1. Januar 1880 waren folgende unterirdische Linien fertig gestellt [1]):

1) Berlin über Halle a. S. und Kassel nach Frankfurt a. M. und Mainz (549,7 Kilom. Linie mit 7 Adern),

2) Halle-Leipzig (35,4 Kilom. Linie, 4 Adern),

3) Berlin-Hamburg (I mit 7 Adern, II desgl., 298 Kilom. Leitung),

4) Hamburg-Kiel (100,2 Kilom. Linie, 7 Adern),

5) Berlin über Magdeburg, Braunschweig, Hannover,

---

1) Elektrotechn. Ztschr. März 1880, S. 108.

Minden, Münster, Wesel und Düsseldorf nach Köln (690,7 Kilom. Linie, 7 Adern),

6) Köln nach Elberfeld und Barmen (55 Kilom. Linie, 4 Adern),

7) Frankfurt a. M. nach Straßburg i. E. über Darmstadt, Mannheim, Karlsruhe, Rastatt und Kehl (262,7 Kilom. Linie, 7 Adern),

8) Hamburg nach Cuxhaven (130,7 Kilom. Linie, 4 Adern),

9) Hamburg über Bremen und Oldenburg nach Emden (284,6 Kilom. Linie, 7 Adern), mit Abzweigung von Bremen nach Bremerhaven (59,2 Kilom. Linie, 4 Adern) und von Sande nach Wilhelmshaven (11,2 Kilom. Linie, 4 Adern),

10) Köln über Koblenz und Trier nach Metz (325,9 Kilom. Linie, 7 Adern),

11) Metz nach Straßburg i. E. (185,6 Kilom. Linie, 7 Adern),

12) Köln nach Mainz (91,8 Kilom. Linie, 7 Adern),

13) Berlin-Dresden (236 Kilom. Linie, 7 Adern).

Die Gesammtlänge dieser Linien ist 3660 Kilom.; es haben aber die meisten 7, einige 4 Leitungen (Adern), daher die Länge der Leitungen 24,745 Kilom. beträgt.

Für die Ausführung im Jahre 1880 sind zunächst die Linien Berlin-Frankfurt a. O.-Breslau, Berlin-Müncheberg und Berlin-Stettin bestimmt; demnächst kommen die Linien Stettin-Colberg-Danzig-Königsberg, Müncheberg-Küstrin-Posen-Thorn und Köln-Aachen an die Reihe, und für spätere Zeit ist die Fortführung der Linien von Königsberg bis zur preußisch-russischen und von Breslau bis zur preußisch-österreichischen Grenze bei Oderberg, sowie der Anschluß an Süddeutschland durch Linien nach München und Stuttgart in Aussicht genommen. Im Jahre 1883 hofft man mit Herstellung des unterirdischen Netzes auf den großen Verkehrs- und Militärstraßen des Reichs im Wesentlichen fertig zu sein.

Als Material für die Leitungsdrähte der unterirdischen Leitungen nimmt man der bessern Leitungsfähigkeit halber Kupfer; da aber ein längerer Kupferdraht in der Regel weichere oder spröde Stellen enthält, so vereinigt man mehrere Drähte von 0,6 Millim. Durchmesser zu einer Ader oder Litze, die mit einer doppelten Guttapercha-Hülle und zwei Lagen Chatterton-

Compound (einer Mischung von Guttapercha, Holztheer und Harz) umpreßt wird, von welch letzteren eine zwischen der Kupferlitze und der dieselbe zunächst umgebenden Guttaperchaschicht, die andere zwischen den beiden Guttaperchaschichten angebracht ist. Durch eine Umspinnung mit getheertem Hanf werden nun 4 oder 7 auf solche Art isolirte Litzen, deren jede 5 Millim. stark ist, zu einem bei 7 Leitungen 17 Millim. dicken Kabel vereint, welches wieder eine Armatur aus 16 verzinkten Eisendrähten von 4 Millim. Durchmesser erhält, so daß die vollständig dicht an einander liegenden Schutzdrähte auf je 23—26 Centim. Kabellänge einen Umgang um das Kabel bilden. In Flußbetten werden die Kabelabschnitte noch mit einer zweiten Rüstung von 8,6 Millim. starkem verzinkten Eisendraht und überdieß im Bereich der Schifffahrt mit einer Umkleidung von starken gußeisernen verzinkten, 50 Centim. langen Muffen versehen, welche sich zu einem biegsamen Rohr verbinden.

Das fertige Kabel wird, nachdem es geprüft worden, in Stücken von 800 Meter Länge auf die Strecke befördert. Zu dem Zwecke wird es auf einen hölzernen Haspel gewickelt, in durchnäßtes Stroh gepackt und mit einer trommelartigen Hülle von Eisenblech umgeben, das einen Anstrich von weißer Kalkfarbe erhalten hat. Dadurch wird stets eine niedrige Temperatur erzielt, welche nachtheilige Veränderungen des Isolationszustandes nicht zuläßt. Die Beförderung erfolgt zunächst auf der Eisenbahn in offenen Güterwagen bis zu den der Baustrecke zunächst gelegenen Stationen, und dann wird mittels besonderer Wagen die Vertheilung auf der Linie, in der Regel einer Straße, vorgenommen, auf welcher es gewöhnlich ein Meter tief gelegt wird.

Die Legung wird durch drei Arbeitercolonnen besorgt. Einige Vorarbeiter an der Spitze der vordern Colonne schneiden zuerst die Kanten des Kabelgrabens in das Planum der Straße ein; ihnen folgen die Arbeiter, welche den Graben ausheben, wozu unter Umständen Sprengarbeiten (mit Dynamit) nöthig sind. Einige hundert Meter hinter dieser Colonne vollzieht die zweite die Auslegung des Kabels. Dasselbe wird mittels einer sinnreichen Vorrichtung vom Wagen in oder neben den Graben gelegt und gleichzeitig mit der Versenkung

asphaltirt, d. h. mit einem die Zwischenräume der Schutzdrähte ausfüllenden Ueberzuge von verdicktem, kreosotfreiem Steinkohlentheer versehen. Die dritte Colonne besorgt die Zudeckung des Kabels. An ihrer Spitze marschiren einige Arbeiter, welche dasselbe ungesäumt mit einer Schicht steinfreier Erde bedeckt zum Schutz gegen die Sonne rc., während die nachfolgende Hauptmannschaft den Graben zuschüttet und das Straßenplanum wieder herstellt. Wird der Straßenkörper durch Brücken oder anderes Mauerwerk unterbrochen, so muß das Kabel in oder unter dasselbe gelegt werden, zu welchem Zwecke sich die nöthige Anzahl sachkundiger Arbeiter bei den Colonnen befindet. Umfangreicher sind natürlich die Arbeiten bei Ueberkabelung eines größeren Flusses, wie beim Rhein, der zuerst bei Mainz und dann mehrfach überkabelt wurde, bei der Elbe, Weser u. a.

Von großer Wichtigkeit ist die gute Verbindung der einzelnen Kabelabschnitte, zu welchem Zwecke der Colonne ein kleiner Stab von Telegraphentechnikern beigegeben ist. In erster Linie ist auf gute Verlöthung der Abschnitte zu sehen. Es ist dazu nöthig die Hüllen der Kabelseele in einer Weise abzunehmen, welche die sofortige Wiederverwendung dieser Hüllen gestattet. Die freigelegten Kupferlitzen sind sodann durch Verlöthung jedes einzelnen Drahtes zu verbinden und diese Stellen durch Umwickelung mit feinem Kupferdraht zu befestigen. Schließlich sind diese Stellen wiederum mit den verschiedenen Hüllen zu bekleiden. Diese Arbeiten setzen, da sie unter freiem Himmel geschehen, große Schnelligkeit voraus und eine trockene, feinfühlige Hand, da man sich nur durch das Gefühl von der Güte der Löthstellen überzeugen kann. Für den feineren Theil dieser Arbeiten sind deshalb nur Leute verwendbar, welche sich für den Beruf eines „Jointer" besonders eignen. Bei Herstellung der Linie Berlin-Halle hatte die englische Guttaperchafabrik, von welcher der Kabellieferant die Guttaperchaadern für das Kabel bezogen hatte, demselben einige tüchtige Jointers überlassen, welche diese Arbeit sehr sorgfältig ausführten. Zu den übrigen Arbeiten hatte der Unternehmer Vorarbeiter aus seinen Fabriken herangezogen.

Um das Kabel auf den Widerstand der Leitungsader und die Dichtigkeit die isolirenden Hülle zu prüfen, sind besondere,

mit einer Batterie von 100 Elementen und einem sehr empfindlichen Thomson'schen Spiegel-Galvanometer ausgerüstete Wagen gebaut. Ein Condensator, ein zur Schaltung einer Wheatstone'schen Brücke eingerichteter Stöpsel-Rheostat, einige Umschalter und mehrere Ladungs- und Entladungsschlüssel vervollständigen die innere Einrichtung eines solchen Wagens. Ein der Telegraphen-Verwaltung gehöriges Feldtelegraphenapparatsystem ermöglicht die unausgesetzte telegraphische Verständigung mit den Telegraphenämtern, deren Mitwirkung bei den elektrischen Messungen erforderlich ist und stellt zugleich die Verbindung für Correspondenzzwecke während der Arbeit des Verlegens selbst sicher. Durch die Stellung der Nadel des Galvanometers läßt sich in jedem Augenblick die Leitungsfähigkeit jeder Ader des Kabels, sowie der Isolationszustand seiner Hüllen mit Genauigkeit feststellen.

Mit welcher Geschwindigkeit die Arbeiten gefördert worden sind, erhellt aus folgenden auf die Linie Berlin-Halle bezüglichen Angaben: Am 13. März 1876 begannen die Arbeiten in Halle, am 27. März erreichten sie Hohenthurm (Entf. 10 Kilom.), am 4. April Bitterfeld (31 Kilom.), am 13. Gräfenhainichen (48 Kilom.), am 27. April Wittenberg (70 Kilom.), am 1. Juni Potsdam (120 Kilom.); am 19. Juni wurde der Landwehrcanal in Berlin überschritten, und am 28. Juni schloß sich das Pflaster der französischen Straße vor dem Haupttelegraphengebäude in Berlin (Entfernung etwa 170 Kilom.) über der letzten Löthstelle der unterirdischen Linie. Seitdem hat man aber die Verlegung noch viel rascher ausführen gelernt.

Daß die unterirdischen Leitungen wirklich den Erwartungen entsprechen, die man in sie setzte, dafür ergaben sich sehr bald Beweise. Die starken Gewitter am 6. und 7. October 1878 hatten in Südfrankreich weite Unterbrechungen des telegraphischen Verkehrs zur Folge, ebenso der Sturm am 2. November 1878 in Oesterreich-Ungarn. Aehnlich würde es Berlin im Mai 1879 ergangen sein, wenn nicht die unterirdischen Kabellinien es vor jeder Isolirung geschützt hätten. Und so ist auch Deutschland überhaupt, Dank diesen Leitungen, vor mancher Telegraphenbetriebsstörung bewahrt geblieben.

Auch in elektrisch-technischer Hinsicht haben sich alle Erwartungen glänzend erfüllt. Die Isolirung der Linien, ihre

Aequator) und 43 781 Telegraphen-Aemter, die Eisenbahntelegraphen und die Unterseelinien nicht mit gerechnet.[1])

Unterseekabel waren Ende 1879 585 im Betrieb mit 142 500 Kilom. Kabellänge.

Unterirdische Telegraphen.[2]) Der Gedanke, die Telegraphenleitung zum bessern Schutz gegen manche Beschädigungen unterirdisch anzulegen, ist schon alt. Morse schlug bereits 1837 vor, solche Leitungen in eiserne Rohren einzuschließen, und Jacobi legte 1842 auf dem Admiralitätsplatze in Petersburg eine unterirdische Leitung von 2750 Meter Länge in Glasröhren, die von einer mehrfachen Hanfumspinnung und einer Mischung von Wachs, Talg und Theer umgeben war. Der damalige Artillerielieutenant Werner Siemens schlug als Isolirmittel Guttapercha vor, und in Preußen wurden später unter Chauvin umfangreiche Versuche angestellt. Da man aber die Leitung nicht gegen Nagethiere und die Einflüsse des Bodens zu schützen vermochte, so sah man von der Ausführung längerer unterirdischer Linien ab und behielt solche nur in Städten, Eisenbahntunneln &c. bei, wo man die Leitungsdrähte in Rohre einschloß.

Die Erfahrungen bei den Unterseekabeln ließen aber später hoffen, daß es möglich sein werde, auch bei unterirdischen Linien die vorhandenen Schwierigkeiten zu überwinden, und deshalb hat die Telegraphenverwaltung des deutschen Reiches angefangen, die Hauptverkehrs- und Militär-Straßen Deutschlands mit unterirdischen Telegraphenlinien zu versehen. Außer anderen militärischen und politischen Motiven war dafür besonders maßgebend die außerordentliche Zunahme der Störungen in den oberirdischen Leitungen, welche die Frage nahe legen mußte, ob nicht durch Anlegung unterirdischer Leitungen die Interessen des Verkehrs und die finanziellen Erträge besser gewährleistet werden könnten. Die Vermehrung der Störungen ist aus folgenden Zahlen ersichtlich: es kamen vor im Jahre 1874: 350 Stangenbrüche, 875 Drahtbrüche, 2826 Nebenschließungen durch Berührung der Leitungen unter sich und durch Erdverbindung; im Jahre 1875: 506 Stangen-

1) Elektrotechn. Ztschr. Jan. 1880, S. 31.

2) Fischer, Geh. Oberpostrath Dr. Ph. D., Ueber Post und Telegraphie im Weltverkehr. Berlin 1879.

brüche, 1435 Drahtbrüche und 4076 Nebenschließungen; im Jahre 1876: 1708 Stangenbrüche, 3284 Drahtbrüche und 4415 Nebenschließungen. Diese Vermehrung der Betriebsstörungen übertraf bei Weitem die Vermehrung der Leitungen. Im Jahre 1874 waren im Betriebe durchschnittlich 107 647 Kilom. Leitungen; im Jahre 1875 123 455 Kilom. und 1876 136 891 Kilom. Es fallen also auf je 10 Kilom. im Jahre 1874 0,11 Stangenbrüche, 0,08 Drahtbrüche, 0,26 Nebenschließungen; im Jahre 1875 0,15 Stangenbrüche, 0,12 Drahtbrüche, 0,33 Nebenschließungen; im Jahre 1876 0,46 Stangenbrüche, 0,24 Drahtbrüche, 0,32 Nebenschließungen. Selbst wenn man das Jahr 1876, während dessen die Leitungen durch den Orkan vom 12. und 13. März und die Stürme vom 12. zum 13. November in großem Umfange gestört wurden, außer Betracht läßt, so ergiebt sich von 1874 auf 1875 eine Zunahme der Störungen um $^{5}/_{10}$, während die Leitungen sich nur um $^{1}/_{7}$ vermehrten. Es wäre also zu fürchten gewesen, daß, die Erweiterung des Telegraphen-Netzes lediglich durch oberirdische Leitungen vorausgesetzt, in Folge der Zunahme der Störungen das frühere ständige Deficit der Reichstelegraphen-Verwaltung wiederkehrte, das man eben durch Vereinigung der Post- und Telegraphen-Verwaltung und Einziehung des größten Theils der selbstständigen Telegraphenstationen beseitigt hatte.

Im Frühjahr 1876, bald nachdem der General-Postmeister Stephan das Telegraphenwesen mit übernommen hatte, wurde mit dem Bau der Linie Berlin-Halle begonnen, auf welcher man zunächst Erfahrungen sammeln wollte, und bis 1. Januar 1880 waren folgende unterirdische Linien fertig gestellt[1]):

1) Berlin über Halle a. S. und Kassel nach Frankfurt a. M. und Mainz (549,7 Kilom. Linie mit 7 Adern),

2) Halle-Leipzig (35,4 Kilom. Linie, 4 Adern),

3) Berlin-Hamburg (I mit 7 Adern, II desgl., 298 Kilom. Leitung),

4) Hamburg-Kiel (100,2 Kilom. Linie, 7 Adern),

5) Berlin über Magdeburg, Braunschweig, Hannover,

1) Elektrotechn. Ztschr. März 1880, S. 108.

Minden, Münster, Wesel und Düsseldorf nach Köln (690,7 Kilom. Linie, 7 Adern),

6) Köln nach Elberfeld und Barmen (55 Kilom. Linie, 4 Adern),

7) Frankfurt a. M. nach Straßburg i. E. über Darmstadt, Mannheim, Karlsruhe, Rastatt und Kehl (262,7 Kilom. Linie, 7 Adern),

8) Hamburg nach Cuxhaven (130,7 Kilom. Linie, 4 Adern),

9) Hamburg über Bremen und Oldenburg nach Emden (284,6 Kilom. Linie, 7 Adern), mit Abzweigung von Bremen nach Bremerhaven (59,2 Kilom. Linie, 4 Adern) und von Sande nach Wilhelmshaven (11,2 Kilom. Linie, 4 Adern),

10) Köln über Koblenz und Trier nach Metz (325,9 Kilom. Linie, 7 Adern),

11) Metz nach Straßburg i. E. (185,6 Kilom. Linie, 7 Adern),

12) Köln nach Mainz (91,8 Kilom. Linie, 7 Adern),

13) Berlin-Dresden (236 Kilom. Linie, 7 Adern).

Die Gesammtlänge dieser Linien ist 3660 Kilom.; es haben aber die meisten 7, einige 4 Leitungen (Adern), daher die Länge der Leitungen 24,745 Kilom. beträgt.

Für die Ausführung im Jahre 1880 sind zunächst die Linien Berlin-Frankfurt a. O.-Breslau, Berlin-Müncheberg und Berlin-Stettin bestimmt; demnächst kommen die Linien Stettin-Colberg-Danzig-Königsberg, Müncheberg-Küstrin-Posen-Thorn und Köln-Aachen an die Reihe, und für spätere Zeit ist die Fortführung der Linien von Königsberg bis zur preußisch-russischen und von Breslau bis zur preußisch-österreichischen Grenze bei Oderberg, sowie der Anschluß an Süddeutschland durch Linien nach München und Stuttgart in Aussicht genommen. Im Jahre 1883 hofft man mit Herstellung des unterirdischen Netzes auf den großen Verkehrs- und Militärstraßen des Reichs im Wesentlichen fertig zu sein.

Als Material für die Leitungsdrähte der unterirdischen Leitungen nimmt man der bessern Leitungsfähigkeit halber Kupfer; da aber ein längerer Kupferdraht in der Regel weichere oder spröde Stellen enthält, so vereinigt man mehrere Drähte von 0,6 Millim. Durchmesser zu einer Ader oder Litze, die mit einer doppelten Guttapercha-Hülle und zwei Lagen Chatterton-

Compound (einer Mischung von Guttapercha, Holztheer und Harz) umpreßt wird, von welch letzteren eine zwischen der Kupferlitze und der dieselbe zunächst umgebenden Guttaperchaschicht, die andere zwischen den beiden Guttaperchaschichten angebracht ist. Durch eine Umspinnung mit getheertem Hanf werden nun 4 oder 7 auf solche Art isolirte Litzen, deren jede 5 Millim. stark ist, zu einem bei 7 Leitungen 17 Millim. dicken Kabel vereint, welches wieder eine Armatur aus 16 verzinkten Eisendrähten von 4 Millim. Durchmesser erhält, so daß die vollständig dicht an einander liegenden Schutzdrähte auf je 23—26 Centim. Kabellänge einen Umgang um das Kabel bilden. In Flußbetten werden die Kabelabschnitte noch mit einer zweiten Rüstung von 8,6 Millim. starkem verzinkten Eisendraht und überdieß im Bereich der Schifffahrt mit einer Umkleidung von starken gußeisernen verzinkten, 50 Centim. langen Muffen versehen, welche sich zu einem biegsamen Rohr verbinden.

Das fertige Kabel wird, nachdem es geprüft worden, in Stücken von 800 Meter Länge auf die Strecke befördert. Zu dem Zwecke wird es auf einen hölzernen Haspel gewickelt, in durchnäßtes Stroh gepackt und mit einer trommelartigen Hülle von Eisenblech umgeben, das einen Anstrich von weißer Kalkfarbe erhalten hat. Dadurch wird stets eine niedrige Temperatur erzielt, welche nachtheilige Veränderungen des Isolationszustandes nicht zuläßt. Die Beförderung erfolgt zunächst auf der Eisenbahn in offenen Güterwagen bis zu den der Baustrecke zunächst gelegenen Stationen, und dann wird mittels besonderer Wagen die Vertheilung auf der Linie, in der Regel einer Straße, vorgenommen, auf welcher es gewöhnlich ein Meter tief gelegt wird.

Die Legung wird durch drei Arbeitercolonnen besorgt. Einige Vorarbeiter an der Spitze der vordern Colonne schneiden zuerst die Kanten des Kabelgrabens in das Planum der Straße ein; ihnen folgen die Arbeiter, welche den Graben ausheben, wozu unter Umständen Sprengarbeiten (mit Dynamit) nöthig sind. Einige hundert Meter hinter dieser Colonne vollzieht die zweite die Auslegung des Kabels. Dasselbe wird mittels einer sinnreichen Vorrichtung vom Wagen in oder neben den Graben gelegt und gleichzeitig mit der Versenkung

15*

asphaltirt, d. h. mit einem die Zwischenräume der Schutzdrähte ausfüllenden Ueberzuge von verdicktem, kreosotfreiem Steinkohlentheer versehen. Die dritte Colonne besorgt die Zudeckung des Kabels. An ihrer Spitze marschiren einige Arbeiter, welche dasselbe ungesäumt mit einer Schicht steinfreier Erde bedeckt zum Schutz gegen die Sonne rc., während die nachfolgende Hauptmannschaft den Graben zuschüttet und das Straßenplanum wieder herstellt. Wird der Straßenkörper durch Brücken oder anderes Mauerwerk unterbrochen, so muß das Kabel in oder unter dasselbe gelegt werden, zu welchem Zwecke sich die nöthige Anzahl sachkundiger Arbeiter bei den Colonnen befindet. Umfangreicher sind natürlich die Arbeiten bei Ueberkabelung eines größeren Flusses, wie beim Rhein, der zuerst bei Mainz und dann mehrfach überkabelt wurde, bei der Elbe, Weser u. a.

Von großer Wichtigkeit ist die gute Verbindung der einzelnen Kabelabschnitte, zu welchem Zwecke der Colonne ein kleiner Stab von Telegraphentechnikern beigegeben ist. In erster Linie ist auf gute Verlöthung der Abschnitte zu sehen. Es ist dazu nöthig die Hüllen der Kabelseele in einer Weise abzunehmen, welche die sofortige Wiederverwendung dieser Hüllen gestattet. Die freigelegten Kupferlitzen sind sodann durch Verlöthung jedes einzelnen Drahtes zu verbinden und diese Stellen durch Umwickelung mit feinem Kupferdraht zu befestigen. Schließlich sind diese Stellen wiederum mit den verschiedenen Hüllen zu bekleiden. Diese Arbeiten setzen, da sie unter freiem Himmel geschehen, große Schnelligkeit voraus und eine trockene, feinfühlige Hand, da man sich nur durch das Gefühl von der Güte der Löthstellen überzeugen kann. Für den feineren Theil dieser Arbeiten sind deshalb nur Leute verwendbar, welche sich für den Beruf eines „Jointer“ besonders eignen. Bei Herstellung der Linie Berlin-Halle hatte die englische Guttaperchafabrik, von welcher der Kabellieferant die Guttaperchaadern für das Kabel bezogen hatte, demselben einige tüchtige Jointers überlassen, welche diese Arbeit sehr sorgfältig ausführten. Zu den übrigen Arbeiten hatte der Unternehmer Vorarbeiter aus seinen Fabriken herangezogen.

Um das Kabel auf den Widerstand der Leitungsader und die Dichtigkeit die isolirenden Hülle zu prüfen, sind besondere,

mit einer Batterie von 100 Elementen und einem sehr empfindlichen Thomson'schen Spiegel-Galvanometer ausgerüstete Wagen gebaut. Ein Condensator, ein zur Schaltung einer Wheatstone'schen Brücke eingerichteter Stöpsel-Rheostat, einige Umschalter und mehrere Ladungs- und Entladungsschlüssel vervollständigen die innere Einrichtung eines solchen Wagens. Ein der Telegraphen-Verwaltung gehöriges Feldtelegraphenapparatsystem ermöglicht die unausgesetzte telegraphische Verständigung mit den Telegraphenämtern, deren Mitwirkung bei den elektrischen Messungen erforderlich ist und stellt zugleich die Verbindung für Correspondenzzwecke während der Arbeit des Verlegens selbst sicher. Durch die Stellung der Nadel des Galvanometers läßt sich in jedem Augenblick die Leitungsfähigkeit jeder Ader des Kabels, sowie der Isolationszustand seiner Hüllen mit Genauigkeit feststellen.

Mit welcher Geschwindigkeit die Arbeiten gefördert worden sind, erhellt aus folgenden auf die Linie Berlin-Halle bezüglichen Angaben: Am 13. März 1876 begannen die Arbeiten in Halle, am 27. März erreichten sie Hohenthurm (Entf. 10 Kilom.), am 4. April Bitterfeld (31 Kilom.), am 13. Gräfenhainichen (48 Kilom.), am 27. April Wittenberg (70 Kilom.), am 1. Juni Potsdam (120 Kilom.); am 19. Juni wurde der Landwehrcanal in Berlin überschritten, und am 28. Juni schloß sich das Pflaster der französischen Straße vor dem Haupttelegraphengebäude in Berlin (Entfernung etwa 170 Kilom.) über der letzten Löthstelle der unterirdischen Linie. Seitdem hat man aber die Verlegung noch viel rascher ausführen gelernt.

Daß die unterirdischen Leitungen wirklich den Erwartungen entsprechen, die man in sie setzte, dafür ergaben sich sehr bald Beweise. Die starken Gewitter am 6. und 7. October 1878 hatten in Südfrankreich weite Unterbrechungen des telegraphischen Verkehrs zur Folge, ebenso der Sturm am 2. November 1878 in Oesterreich-Ungarn. Aehnlich würde es Berlin im Mai 1879 ergangen sein, wenn nicht die unterirdischen Kabellinien es vor jeder Isolirung geschützt hätten. Und so ist auch Deutschland überhaupt, Dank diesen Leitungen, vor mancher Telegraphenbetriebsstörung bewahrt geblieben.

Auch in elektrisch-technischer Hinsicht haben sich alle Erwartungen glänzend erfüllt. Die Isolirung der Linien, ihre

Stromfähigkeit und dadurch die Möglichkeit der Verständigung haben noch zu keinen Klagen Anlaß gegeben. Freilich stehen die Leitungen auch unter scharfer Ueberwachung durch wöchentliche Messungen ihrer Fähigkeit, die an verschiedenen Stationen ausgeführt und deren Ergebnisse dann an die Centralbehörde eingesandt werden.

Das deutsche Reich ist allen andern Staaten in der Anlage eines ausgedehnten unterirdischen Telegraphennetzes vorangegangen. Nachdem sich dasselbe aber bei uns in jeder Hinsicht bewährt hat, gehen auch andere Staaten daran, ihrem Telegraphenverkehr durch unterirdische Verbindung der wichtigsten Verkehrspunkte eine Grundlage von größerer Zuverlässigkeit zu geben. Den Anfang macht Frankreich, welches zunächst die Ausführung von 965 Kilom. unterirdischer Linien mit einem Kostenaufwande von 8 Millionen Franc beabsichtigt.

Meteorologie und Physik der Erde.

Temperaturzonen der Erde.

Noch immer spielt die aus den Zeiten der griechischen Naturphilosophen stammende Eintheilung der Erde in fünf Temperaturzonen, deren Grenzen die Wende- und Polarkreise bilden, eine wichtige Rolle, obwohl man weiß, daß sie kein richtiger Ausdruck für die thatsächliche Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche ist. Denn diese ist nicht blos von der geographischen Breite abhängig, sondern auch von der Vertheilung von Land und Wasser, von Luft- und Meeresströmungen, sowie von der Erhebung über den Meeresspiegel. Neuerdings hat nun Professor Dr. Alexander Supan den Versuch gemacht[1]), an Stelle der alten Zonen, die lediglich Beleuchtungszonen sind, neue aufzustellen, deren Grenzen nicht Parallelkreise, sondern Isothermen sind. Er schlägt zu dem Zwecke folgende Hauptzonen vor:

1) Die warme Zone zwischen den Jahresisothermen von 20° C, welche im Allgemeinen auch die Polargrenzen der

1) Petermann's Geogr. Mittheilungen 1879, IX, S. 349.

Calmen bilden, die Grisebach den „reinsten Ausdruck des Tropenklima's" nennt;

2) Die gemäßigten Zonen zwischen den Isothermen von 20° und 0° C und

3) Die kalten Zonen jenseits der Jahresisothermen von 0°, charakterisirt durch beständiges Bodeneis.

In der warmen Zone unterscheidet er ferner einen Tropengürtel, in welchem auch die Temperatur des kältesten Monats nicht unter 20° sinkt, beiderseits begrenzt von einem ektropischen Gürtel; jener mit geringen, diese mit größeren jährlichen Temperaturschwankungen.

Ferner unterscheidet er in jeder der gemäßigten Zonen einen Aequatorialgürtel, in welchem auch die Temperatur des kältesten Monats nicht unter 0° sinkt, und einen Polargürtel.[1]

Diese Eintheilung in einem Aequatorial- und einen Polargürtel giebt er auch der kalten Zone; in dem ersteren steigt die Temperatur des wärmsten Monats über 0°.

Die Isothermen verstehen sich dabei für den Meeresspiegel, und es sind zu den betreffenden Reductionen, die von Hann aus Beobachtungen in der Schweiz, auf der Rauhen Alp, im Erzgebirge und am Harze berechneten Werthe benutzt, denen zufolge die Abnahme der Temperatur für je 100 Meter Höhe

im Jahresmittel . . .	0,547° C
„ kältesten Monat . .	0,387° „
„ wärmsten „ . .	0,637° „

beträgt. Dieselben weichen nur wenig von den von Dove gebrauchten (0,558, 0,470 und 0,651° C) ab.

Fig. 30 giebt ein verkleinertes Bild der von Supan entworfenen Karte: a ist die Jahresisotherme von 0°, b die Isotherme 0° des kältesten Monats, c und f sind die Jahresisothermen von 20°, d und e die Isothermen 20° des kältesten Monats. Die Isothermen zeigen mehrfach beträchtliche Abweichungen von den bisherigen Darstellungen. Die bedeutendste dieser Abweichungen findet sich bei der Jahresisotherme von 20° in Nordamerika: dieselbe betritt die Westküste etwa in 29,3° Breite, erreicht aber schon in 106° westl. Länge von Greenwich, zwischen Camp Mc Dermit und Camp Independence, die Breite von 39,3°, hat bei 110° Länge eine

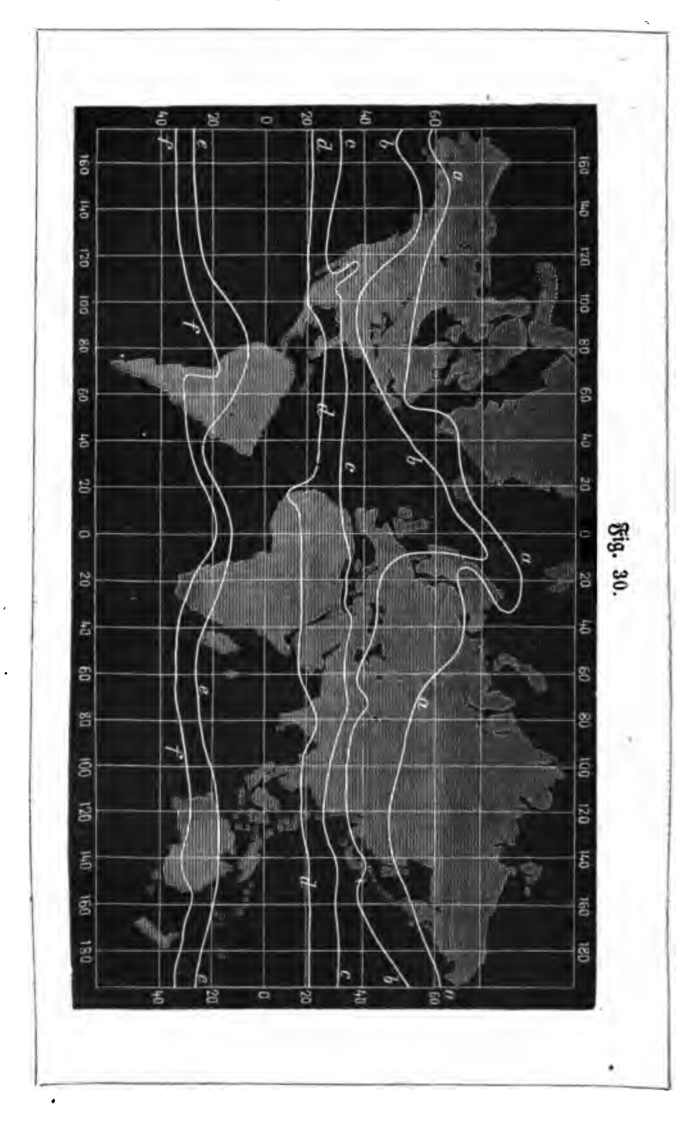

160 140 120 100 80 60 40 20 0 20 40 60 80 100 120 140 160 180
60 40 20 0 20 40
a b c d e f

Fig. 30.

südliche Einbuchtung, reicht in 106° Länge wieder bis 37° Breite und sinkt dann jenseits der gewaltigen Plateaulandschaften des Westens bedeutend nach Süden, um in 30,9° Breite den Atlantischen Ocean zu betreten. Eine ähnliche Biegung nach dem Betreten des Festlandes zeigt auch die Isotherme von 20° an der Westküste von Südamerika; „und hier wie dort sind dieselben Ursachen thätig, nämlich eine kalte Meeresströmung entlang der Küste und andererseits eine hohe meridionale Gebirgskette, die den Austausch zwischen der warmen Land- und der kühlen Seeluft verhindert."

Bezüglich weiterer Nachweise über die Herstellung der Isothermen, ihre Zuverlässigkeit u. a. auf unsere Quelle verweisend, führen wir hier noch den Flächeninhalt der verschiedenen Zonen an:

	Geogr. Qu.-Meilen	
in der warmen Zone:		
der Tropengürtel	3 156 400	
„ nördl. ektropische Gürtel .	805 600	4 554 100
„ südliche „ „	592 100	
in der nördlichen gemäßigten Zone:		
der Aequatorialgürtel . . .	822 600	
„ Polargürtel	646 900	
in der südlichen gemäßigten Zone:		2 185 300
der Aequatorialgürtel . . .	1 769 900	
„ Polargürtel	314 900	
in der nördlichen kalten Zone:		
der Aequatorialgürtel . . .	673 700	
„ Polargürtel	11 400	
in der südlichen kalten Zone:		1 123 600
der Aequatorialgürtel . . .	51 500	
„ Polargürtel	387 000	

Einige dieser Zonen gehören überwiegend dem Seeklima, andere dem Landklima an; diese sind durch bedeutende, jene durch geringe Wärmeschwankungen ausgezeichnet. Es ist nämlich in der kalten Zone der Polargürtel oceanisch, der Aequatorialgürtel continental; in der gemäßigten Zone der Polargürtel continental, der Aequatorialgürtel oceanisch; in der warmen Zone der Ektropengürtel continental, der Tropengürtel oceanisch.

Abgesehen vom Tropengürtel, herrschen auf der nördlichen Hemisphäre die continentalen, auf der südlichen die oceanischen Zonen vor. Im Tropengürtel wird auf der Südhalbkugel die Grenz-Isotherme durch kalte Meeresströmungen stellenweise sehr weit äquatorwärts gedrängt.

Die Extropengürtel sind im Gegensatz zum Tropengürtel durch Steppen- und Wüstenbildung ausgezeichnet. Es beruht dies auf der Vertheilung der Niederschläge, die wieder durch die Winde und gewisse orographische Eigenthümlichkeiten bedingt sind. Durch die Vegetationsarmuth der weit ausgedehnten Ebenen werden dann die Temperaturverhältnisse hervorgerufen, welche den extropischen Gürtel charakterisiren und die nun wieder den Wüsten- und Steppencharakter verschärfen.

Der Gegensatz zwischen West- und Ostküsten tritt in dieser Zoneneintheilung deutlich hervor: es zeigt sich aber, „daß die Begünstigung der Westküsten lediglich nur auf der höheren Wintertemperatur basirt. Die primäre Ursache dieses Gegensatzes ist die Vertheilung von Wasser und Land, der zweimalige Wechsel wärmerer und kälterer Flächen. Als secundäre Ursache treten die äquatorialen Meeresströmungen hinzu, die der an sich wärmeren Wasserfläche noch eine höhere Temperatur verleihen. Da die Gegensätze von warm und kalt in unseren Breiten in der ostwestlichen Richtung sich lagern, so müssen im Winter auch in derselben Richtung die barometrischen Minima und Maxima, jene auf dem Meere, diese auf den Festlandmassen, auftreten, und in Folge dessen müssen nach dem Buys-Ballot'schen Gesetz die Ostküsten der nordhemisphärischen Continente von polaren, die Westküsten von äquatorialen Luftströmnngen bestrichen werden. Nicht der Nähe der Oceane und den warmen Meeresströmungen haben somit zunächst die Westküsten ihre milde Wintertemperatur zu danken, sondern der Vertheilung des Luftdruckes, welche die Vertheilung der Winde regulirt. Wenn einmal die Verhältnisse sich umkehren, wie dies im December 1879 geschah, wenn der Barometerstand auf dem Meere höher ist, als auf dem Lande, dann liegt Westeuropa im Gebiete der N- und NW-Winde, und die Nähe des Golfstromes bleibt wirkungslos."

Nicht so gleichförmig wie auf der nördlichen sind die Verhältnisse auf der südlichen Hemisphäre, wo in Folge ver-

schiedener geographischer Lage jeder der drei Continente eigenartige Züge besitzt. Auch würden die Westküsten wärmer sein als die Ostküsten, wenn die Meeresströme normal entwickelt wären; „aber das antarktische tiefe Barometerminimum erzeugt jenseits der südlichen Roßbreiten[1]) constante und heftige NW- und W-Winde, welche die polaren Meeresströme den Westküsten zutreiben. Nur Australien macht hiervon eine Ausnahme, weil zwischen die Westküste und die westliche australische Strömung ein warmer Meeresstrom tritt."

Die Temperaturzonen sind übrigens mit der Zeit veränderlich: alle durchgreifenden Veränderungen in der Vertheilung von Land und Wasser, wie dieselben im Laufe geologischer Perioden aufgetreten sind, müssen dieselben umgestalten.

Bestrahlung der Erde durch die Sonne.

Die Frage nach der Stärke der Bestrahlung der Erde durch die Sonne in verschiedenen Breiten und Jahreszeiten, mit welcher schon Halley und Joh. Heinrich Lambert sich beschäftigt haben, ist neuerdings wieder von Prof. Chr. Wiener in Karlsruhe auf mathematischem Wege erörtert worden in einer Abhandlung[2]), aus der wir hier einige Ergebnisse mittheilen.

Die Stärke der Bestrahlung w im Laufe eines Tages wird gegeben durch die Formel

$$w = \frac{W}{\pi} \cdot \frac{a^2}{r^2} \cdot \cos\delta \cos\beta\,(-\cos t_1 \cdot t_1 + \sin t_1);$$

in dieser bedeutet W die Bestrahlungsstärke oder die Menge Strahlen, die im Laufe von 24 Stunden auf die Einheit der Erdoberfläche auftreffen, wenn dieselbe senkrecht zu den Strahlen liegt, vorausgesetzt, daß die Sonne in ihrem mittleren Abstande a von der Erde steht; r ist der mittlere Abstand der Erde von der Sonne im Laufe des Tages, δ die Declination der Sonne, β die geographische Breite, t_1 die Größe des halben Tagebogens der Sonne, gegeben durch die Gleichung $\cos t_1 = -\tan\delta \,.\, \tan\beta$; endlich $\pi = 3{,}14159$.

1) Roßbreiten, Horse latitudes der englischen Seefahrer, die äußeren Grenzzonen der Passate mit häufigen Windstillen.
2) Ztschr. der österreich. Ges. f. Meteorologie. XIV, S. 113.

Für Orte und Zeiten mit beständigem Tag ($t_1 = \pi$) ist

$$w = W \cdot \frac{a^2}{r^2} \sin \delta \sin \beta.$$

Aus diesen Formeln ergeben sich nachstehende Folgerungen:

1. In der Zone des immerwährenden Tages ist w am Pole am größten, z. B. für 21. Juni ist am Nordpol w = 0,385 . W, am Polarkreis w . 0,353 . W.

2. In der Zone mit Wechsel van Tag und Nacht innerhalb 24 Stunden existirt ein Minimum der Bestrahlung in der Nähe des Polarkreises und ein Maximum weiter nach dem Aequator hin. So ist für den 21. Juni das Minimum w = 0,35015 . W bei $\beta = 61^0\ 52'\ 16''$, das Maximum w = 0,35525 . W bei $43^0\ 33'\ 34''$.

3. Die stärkste Bestrahlung, die überhaupt ein Punkt der Erde an einem Tage empfängt, ist die der Pole an den Tagen der Sonnenwende; für den Südpol ist am 21. December w = 0,412 . W, für den Nordpol am 21. Juni 0,385 . W, die andern Maxima sind für diese Tage w = 0,380 . W und 0,355 . W für $\beta = \mp 43^0\ 33'\ 34''$.

4. Das Uebergewicht der Pole dauert etwa 28 Tage vor und nach der Sonnenwende (für den Nordpol vom 25. Mai bis 19. Juli, für den Südpol vom 25. November bis 17. Januar); dann springt der Punkt der stärksten täglichen Bestrahlung über auf ungefähr $\pm 36^0$ Breite und nähert sich nun dem Aequator, mit dem er zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche zusammenfällt (am 20. März w = 0,320 . W, am 23. September 0,317 . W).

5. Die Bestrahlungsstärken w für eine jede Breite haben ihre Maxima und Minima nahezu an den Tagen der Sonnenwende. In Breiten von 0^0 bis 45^0 ändert sich w in der Nähe des längsten Tages langsamer als in der Nähe des kürzesten, in den Breiten zwischen 45^0 und $66^0\ 37'$ ist es umgekehrt.

6. Die Tagesbestrahlung auf dem Aequator hat eine doppelte Periode, indem zwei Maxima mit 0,32 . W zur Zeit der Aequinoctien, zwei Minima mit 0,28 . W und 0,30 . W zur Zeit der Solstitien stattfinden. Aehnlich ist es auf den benachbarten Parallelkreisen bis $\pm 12^0$ Breite, auf denen w während des Sommerhalbjahres nahezu constant bleibt.

Aus den obigen Formeln ergiebt sich die Größe i der Bestrahlung während einer Reihe von Tagen und damit auch das Verhältniß zwischen i und J = WT, T = 365 1/4.

Für die Eintheilung des Jahres bringt Wiener statt der gewöhnlichen astronomischen vier meteorologische Vierteljahre in Vorschlag, die durch die Zeitpunkte begrenzt werden, in denen die Länge der Sonne 315°, 45°, 135° und 225° beträgt (4. Febr., 5. Mai, 7. Aug., 7. Novbr.) und welche er als Frühling-, Sommer-, Herbst- und Wintervierteljahr (der nördlichen Hemisphäre) bezeichnet. Er giebt nun folgende Zahlenwerthe für die

Verhältnißmäßige Stärke i:J der Sonnenbestrahlung.

I. während der astronomischen Jahreszeiten:

Geogr. Breite	Warmes Vierteljahr	Kaltes Vierteljahr	Sommer-Halbjahr	Winter-Halbjahr	Ganzes Jahr
0°	0,07633	0,07633	0,15266	0,15266	0,30532
10°	0,08078	0,06978	0,16156	0,13956	0,30112
20°	0,08298	0,06131	0,16596	0,12262	0,28858
30°	0,08292	0,05124	0,16584	0,10248	0,26832
40°	0,08067	0,03994	0,16134	0,07988	0,24122
50°	9,07646	0,02792	0,15292	0,05584	0,20876
60°	0,07086	0,01598	0,14172	0,03196	0,17368
70°	0,06593	0,00639	0,13186	0,01278	0,14464
80°	0,06394	0,00154	0,12788	0,00380	0,13096
90°	0,06336	0,00000	0,12672	0,00000	0,12672

II. während der Achteljahre zwischen den Grenzpunkten der astronomischen und der meteorologischen Jahreszeiten:

	eines astron. warmen Vierteljahres		eines astron. kalten Vierteljahres	
geogr. Breite	kältere Hälfte	wärmere Hälfte	wärmere Hälfte	kältere Hälfte
0°	0,03921	0,03712	0,03921	0,03712
10°	0,04025	0,04053	0,03703	0,03275
20°	0,04010	0,04288	0,03375	0,02756
30°	0,03882	0,04410	0,02954	0,02170
40°	0,03633	0,04434	0,02440	0,01554

geogr. Breite	kältere Hälfte	wärmere Hälfte	wärmere Hälfte	kältere Hälfte
50⁰	0,03290	0,04356	0,01858	0,00934
60⁰	0,02853	0,04233	0,01243	0,00355
70⁰	0,02377	0,04216	0,00633	0,00006
80⁰	0,01981	0,04413	0,00154	0,00000
90⁰	0,01856	0,04480	0,00000	0,00000

III. während der meteorologischen Jahreszeiten:

geogr. Breite	Frühlings- oder Herbst-Vierteljahr	Sommer-Vierteljahr	Winter-Vierteljahr
0⁰	0,07842	0,07424	0,07424
10⁰	0,07728	0,08106	0,06550
20⁰	0,07585	0,08576	0,05512
30⁰	0,06836	0,08820	0,04310
40⁰	0,06073	0,08868	0,03108
50⁰	0,05148	0,08712	0,01868
60⁰	0,04996	0,08466	0,00710
70⁰	0,03084	0,08432	0,00012
80⁰	0,02135	0,08826	0,00000
90⁰	0,01856	0,08960	0,00000

Aus diesen numerischen Resultaten zieht Wiener die folgenden Schlüsse:

Die Bestrahlungsstärken eines Punkes der Erde in zwei weniger als ein Jahr betragenden Zeiträumen sind einander gleich, wenn zu der Anfangszeit eines jeden und zur Endzeit des andern die Sonnenlängen von der Länge zur Zeit der Sonnenwende um gleichviel, aber in entgegengesetztem Sinne abweichen;

die Bestrahlungsstärken eines Punktes von nördlicher und eines solchen von gleicher südlicher Breite in den Zeiträumen entsprechender Jahreszeiten sind einander gleich;

die verhältnißmäßige Bestrahlungsstärke i : J im ganzen Jahr hat ihr Maximum 0,305 auf dem Aequator, ihr Minimum 0,127 an den Polen;

diejenige für das Sommerhalbjahr einer Erdhälfte hat das Maximum 0,166 in 24⁰ Breite, fällt bis zum Nachbarpol auf 0,127, bis zum Aequator auf 0,153 und von da bis zum andern Pol auf Null;

diejenige für das meteorologische Frühlings- und ebenso die für das Herbstvierteljahr erreicht das Maximum 0,078 auf dem Aequator, das Minimum 0,019 an den Polen;

für ein meteorologisches Sommervierteljahr liegt das Maximum 0,090 im Pol der betreffenden Erdhälfte, ein Minimum von 0,084 in etwa 65° Breite, ein zweites Maximum von 0,089 in etwa 35°, und dann findet eine Abnahme statt, am Aequator beträgt der Werth noch 0,074, in 73° 39′ Breite auf der andern Halbkugel verschwindet derselbe.

Die blaue Farbe des Himmels

hat neuerdings Nichols durch die mit der Intensität veränderliche Empfindlichkeit unseres Sehorgans für die verschiedenen Farben zu erklären versucht.[1])

Nach der Theorie von Young und Helmholtz enthält unser Auge drei Lagen von Nervenzäpfchen, welche der Empfindung der rothen, grünen und violetten Strahlen dienen. Die Erregung dieser Nerven folgt aber nicht demselben Gesetz bezüglich der Intensität des Lichtes. Es sind nämlich die „violetten" Nerven für schwache Strahlen sehr empfindlich, während die „rothen" und „grünen" fast unempfindlich bleiben. Je stärker die Intensität des Lichtes wird, desto lebhafter wird die Empfindung des Grün und Roth, während die für die Empfindung des Violett dienenden Nerven ermatten und geblendet werden. Deshalb erscheint uns das reflectirte Sonnenlicht in der Regel weiß, während wir die Sonne gelb sehen, sobald wir sie direct betrachten; im letzteren Falle werden nämlich die Nerven für die Violettempfindung geblendet und nur die Empfindung des Grün und Roth macht sich geltend. So lange also die Strahlen schwach sind, erscheint uns das weiße Licht bläulich, und je schwächer das von den höheren Schichten der Atmosphäre reflectirte und in unser Auge gelangende Licht ist, desto blauer wird es uns erscheinen. Dabei hat das Licht selbst durch die Reflexion keine Aenderung in seiner Zusammensetzung erlitten, es ist immer noch weißes Licht, lediglich seine Intensität ist geschwächt worden. Je

1) Philosophical Magazine, Dec. 1879, p. 425. Ztschr. des österreich. Ges. f. Meteorologie XV, S. 102 u. 280.

feiner die reflectirenden Theilchen der Atmosphäre sind, desto schwächer wird das Licht, desto mehr tritt also auch die blaue Farbe hervor. Für die Richtigkeit dieser Theorie spricht u. a. der Umstand, daß bei Sonnenuntergang der Westrand der Cirruswolken im hellsten Weiß erscheint, während der Ostrand im Schatten um so mehr sich der Bläue des Himmels nähert, je ausgeprägter der Schatten, d. h. je schwächer das reflectirte Licht ist.

Eine etwas abweichende Erklärung für die in Rede stehende Erscheinung hat vor sechs Jahren Dr. J. R. von Lorenz in seinem und Rothe's „Lehrbuch der Meteorologie" gegeben. Derselbe macht darauf aufmerksam, daß das Himmelslicht sich weder auf dem Wege der Dioptrik, noch durch chemische Reaction als blau oder überhaupt als farbig nachweisen läßt, sondern genau so wirkt wie weißes Licht. „Das blaue Himmelslicht beleuchtet keinen Gegenstand mit blauem Licht, es zeigt sich zusammengesetzt wie das weiße Licht, enthält also alle Elemente des Spectrums, wirkt nicht etwa wie der blaue Theil des Spectrums, sondern optisch und chemisch ganz als weißes Licht und zeigt sich auch im Polariskope als reflectirtes weißes Licht, wie das von weißen Wolken &c. zurückgeworfene. Die gelbe und rothe Beleuchtung am Morgen- und Abendhimmel dagegen weist Lorenz als objective Farben nach.

Was nun die eigentliche Erklärung der blauen Farbe des Himmels anlangt, so ist bekannt, daß in den untern Luftschichten bis in bedeutende Höhen feine Körperchen — Staub, Dunstbläschen, Eisnadeln &c. — schweben, die weißes Sonnenlicht zurückwerfen, während oberhalb dieser Luftschichten der Himmel schwarz erscheint. Lorenz nimmt nun an, daß das Blau des Himmels eine subjective Erscheinung ist, erzeugt durch die gleichzeitige Wahrnehmung des schwarzen Hintergrundes und des weißen Lichtes, welches von den davor schwebenden Theilchen reflectirt wird.

III.

Chemie und chemische Technologie.

Die Meyer'schen Dampfdichtebestimmungen

und auf ihnen basirende Schlüsse betreffs der Moleculargewichte verschiedener Substanzen.

Die nach dem Avogadro'schem Gesetz zwischen dem Moleculargewichte und der Dampfdichte der Körper bestehende Proportionalität giebt uns bekanntlich ein einfaches Mittel an die Hand, die Moleculargewichte der gasförmigen und der verdampfbaren Substanzen durch Dampfdichtebestimmungen zu controliren. Allerdings ist die Sicherheit dieser Controle bisweilen durch den Umstand in Frage gestellt, daß verdampfbare Substanzen bei Temperaturen, bei welchen sie rapid verdampfen, eine theilweise oder vollständige Zersetzung (Dissociation) erleiden. So erhielt man bei Versuchen, die Dampfdichte des Salmiaks zu bestimmen, für letztere Zahlen, welche sich der Molecularformel $N_2H_8Cl_2$ befriedigend anschließen würden. Gleichwohl hat man allgemein die Formel NH_4Cl beibehalten, da nach den Untersuchungen von Pébal und von Than beim Erhitzen des Chlorammoniums eine Zersetzung desselben, eine Dissociation seiner Bestandtheile eintritt, so daß der Dampf nicht mehr Chlorammonium sondern ein Gemenge von Salzsäure und Ammoniak enthält. Ebenso hat die bei hohen Temperaturen eintretende Zersetzung des Zinnobers in Quecksilber- und Schwefeldampf den Versuch, das specifische Gewicht des Zinnoberdampfes zu ermitteln, bisher vereitelt. Hiernach erfordert die Controle des Moleculargewichtes einer Substanz

durch die Dampfdichtebestimmung den Nachweis, daß die Substanz unter den Bedingungen, welchen sie während des Versuchs ausgesetzt war, eine Zersetzung nicht erleidet.

Andrerseits wird die Controle des Moleculargewichtes durch die Dampfdichtebestimmung oft durch den Umstand erschwert, daß die erwähnte Proportionalität zwischen den Moleculargewichten und den Dampfdichten sich nur herausstellt, wenn letztere bei Temperaturen ermittelt werden, welche wesentlich höher liegen als diejenigen Temperaturen, bei welchen die Substanzen lebhaft verdampfen. Dieser Umstand hat mehrfach veranlaßt, daß die Ergebnisse der Dampfdichtebestimmungen bei der Entscheidung der Frage über die Größe des Moleculargewichtes einer Substanz unberücksichtigt blieben. Als Beispiel diene hier die arsenige Säure, welcher man allgemein die Molecularformel As_2O_3 zuschreibt, während Mitscherlich die Dampfdichte derselben bei 571° C = 13,85 fand, welche Zahl zwar mit der von der Formel As_4O_6 geforderten (= 13,68) ziemlich gut, nicht aber mit der von der Formel As_2O_3 geforderten (= 6,84) übereinstimmt. Kolbe rechtfertigt die Beibehaltung der Formel As_2O_3, indem er darauf hinweist [1], daß der Schwefel bei Temperaturen, welche die Siedetemperatur desselben weit übersteigen, eine dreimal geringere Dampfdichte zeigt, als bei einer Temperatur, welche etwa nur 100° höher liegt als seine Siedetemperatur, und daß sich sonach wahrscheinlich auch die Dampfdichte der arsenigen Säure, wenn man sie bei möglichst hoher Temperatur bestimmt, um die Hälfte kleiner erweisen werde, als man sie bislang gefunden hat.

Erscheint es hiernach in vielen Fällen als erwünscht, die Dampfdichtebestimmungen bei möglichst hohen Temperaturen vorzunehmen, bei welchen sich der Ausführung des Versuches selbstverständlich mehr Schwierigkeiten entgegenstellen, so war es gewiß nur freudig zu begrüßen, daß einer der hervorragenden Chemiker, Victor Meyer in Zürich, nicht nur eine neue, leicht und rasch ausführbare Methode ermittelte, mit Hülfe eines durch Einfachheit ausgezeichneten Apparates selbst bei sehr hohen, bis zur Gelbgluth sich erhebenden Tempera-

---

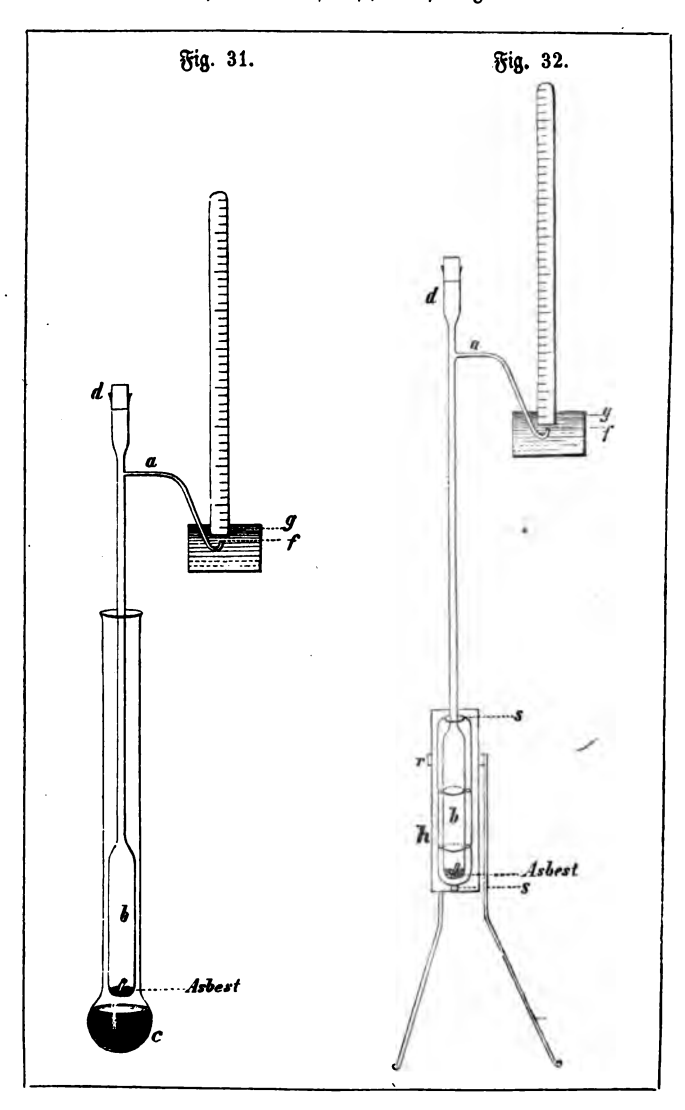
1) Kolbe, kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie 1877, S. 275.

turen Dampfdichtebestimmungen auszuführen, sondern auch der Mühe sich unterzog, für eine große Anzahl von Körpern unter mannichfach wechselnden Bedingungen die Dampfdichten zu bestimmen, um so verschiedene Zweifel zu beseitigen, welche bezüglich der Moleculargewichte einzelner Körper noch zu erheben sind.

Durch die Untersuchungen, welche Victor Meyer zum Theil in Gemeinschaft mit Carl Meyer und Züblin in der angegebenen Richtung vornahm, und deren Resultate in einer Reihe von Abhandlungen in den Berichten der deutschen chemischen Gesellschaft in Berlin[1]) veröffentlicht wurden, haben nicht blos frühere Beobachtungen aufs Neue ihre Bestätigung gefunden, sondern es sind durch dieselben, insbesondere durch die Bestimmung der Dichte des Chlors, Broms und Jods auch Thatsachen constatirt worden, die höchst überraschend und — sofern nicht anderweite Aufschlüsse gewonnen werden — wohl geeignet erscheinen, die herrschenden Ansichten über die Molecular- und Atomgewichtsgrößen einzelner Elemente zu modificiren. Sonach dürfte sich ein Referat über die Meyer'schen Versuche hier wohl gerechtfertigt erweisen und mögen zunächst die bei denselben verwendeten Apparate, welche durch den Glasbläser Cramer in Zürich bezogen werden können, eine kurze Beschreibung finden.

Denkt man sich ein Gefäß b von ungefähr 100 Cubcentim. Inhalt durch einen stets bis zur Marke d einzutreibenden Kautschukpfropfen verschlossen, in den Dampf einer siedenden Flüssigkeit (Fig. 31) oder, wenn es sich um sehr hohe Temperaturen handelt, in ein Metallbad (Fig. 32) getaucht, so wird nach einiger Zeit der Erhitzung die Temperatur eine constante werden. Es wird also aus der Abflußröhre a bei f keine Luft mehr austreten. Wird alsdann über f eine mit Wasser gefüllte graduirte Röhre gestülpt, bei d geöffnet, die abgewogene Substanz hineingeworfen und d schnell wieder verschlossen, so wird, vorausgesetzt, daß die Temperatur hoch genug sei, die Substanz verdampfen und eine ihrem Dampfvolumen entspre-

1) Berichte der deutsch. chem. Gef. Jahrgang 1878, Bd. XI, S. 1867 u. 2253; Jahrgang 1879, Bd. XII, S. 609, 1112, 1195, 1282, 1426, 2202, 2204; Jahrgang 1880, Bd. XIII, S. 391 bis 408, S. 811, 1010 u. 1103.


Fig. 31.
Fig. 32.
d
a
g
f
b
Asbest
c
d
a
g
f
s
r
b
h
Asbest
s

chende Luftmenge bei f austreten, die mit der getheilten Röhre gemessen werden kann. Wird die Substanzmenge so gewählt, daß ihr Dampf weniger als die Hälfte vom Rauminhalte des Glasapparates b einnimmt, und geht die Verdampfung sehr schnell vor sich, so wird der durch die Diffusion des Dampfes entstehende Fehler sehr gering werden. Auch der Umstand, daß das Volumen zweier chemisch nicht aufeinander wirkender Gase nicht immer genau gleich der Summe der Einzelvolumen ist, läßt nur Fehler von geringer Größe voraussehen, welche die Anwendung zur Moleculargewichtsbestimmung nicht beeinträchtigen.

Das cylindrische Glasgefäß b hat bei einem Inhalte von circa 100 Cubcentim. eine Höhe von 600 Millim. An dasselbe ist ein Glasrohr von 600 Millim. Länge und 6 Millim. lichter Weite angeschmolzen, welches oben in eine Erweiterung d mündet. An dieses Glasrohr ist in einer Höhe von 550 Millim. das enge Gasentbindungsrohr a angeschmolzen. Arbeitet man bei Temperaturen bis zum Siedepunkte des Diphenylamins (310° C) so wird das Gefäß in den Glaskolben c (Fig. 31) eingehängt, dessen Kugel etwa 80 Cubcentim. faßt und dessen Hals circa 520 Millim. Länge und 40 Millim. Durchmesser hat. Als Heizflüssigkeiten dienen Wasser, Xylol, Anilin, Aethylbenzoat, Amilbenzoat und Diphenylamin. Diese Körper brauchen übrigens nicht rein zu sein, da beim Kochen unter Rückfluß ja auch Gemische constante Siedetemperatur annehmen und der Grad dieser bei der Rechnung nicht in Betracht kommt, weil das Dampfvolumen in Gestalt eines ihm gleichen, aber auf Zimmertemperatur abgekühlten Luftvolumens gemessen wird.

Sobald Temperaturen über 310° angewendet werden sollen, bedient man sich eines Bades von geschmolzenem Blei. Das Gefäß desselben ist aus einer weiten, eisernen Gasleitungsröhre h gefertigt (Fig. 32), die unten zugeschmiedet ist, und bildet einen Cylinder von 240 Millim. Höhe, 60 Millim. Durchmesser und 4 Millim. Wandstärke. Um dasselbe ist ein eiserner Ring r geschmiedet, an welchem die 3 den Cylinder tragenden, schmiedeeisernen Füße befestigt sind. Die Länge dieser letzteren ist so gewählt, daß sich der Boden des Cylinders in einer Höhe von etwa 320 Millim. befindet. Die Füße haben einen Durchmesser von circa 12 Millim. Dies Blei=

bad erhitzt man mit einem oder zwei 15=Brennern auf eine unbestimmte, aber für die Vergasung der Substanz genügend hohe Temperatur. Ob eine solche erreicht sei, prüft man in der Weise, daß man eine sehr kleine Probe der Substanz in einem dünnwandigen Reagensröhrchen oben in das Bleibad taucht und zusieht, ob dieselbe rasch und lebhaft kocht. Hierbei erkennt man zugleich, ob die angewandte Temperatur keine Zersetzung der Substanz zur Folge hat.

Zur Ausführung des Versuches ist etwa noch Folgendes zu bemerken. Man beginnt damit, das Glasgefäß b, dessen Inhalt nicht genau bekannt zu sein braucht, in den Dampfmantel oder das Bleibad einzuführen. Auf den Boden des Gefäßes b hat man etwas ausgeglühten Asbest gebracht, damit das Herabfallen des zur Abwägung dienenden Fläschchens den Boden des Glasgefäßes b nicht zertrümmere. Arbeitet man im Bleibade, so ist das Gefäß mit einem aus starkem Draht gebogenen Schutzapparat s (Fig. 32) umgeben, welcher verhindert, daß dasselbe mit den eisernen Wänden des Bades in Berührung kommt. Das Entbindungsrohr a läßt man in einer Wanne unter Wasser münden. Die obere Oeffnung des Glasapparates d wird mit einem Kautschukpfropfen verschlossen. Sobald die Temperatur constant geworden, und also aus der Mündung der Entbindungsröhre keine Luftblasen mehr entweichen, lüftet man den Kautschukstopfen, wirft die in einem Fläschchen oder offenen Eimerchen abgewogene Substanzprobe bei d in das Glasgefäß und verschließt die Oeffnung wieder mit dem Kautschukpfropfen. Hierbei treten 1 oder 2 Luftblasen, der Größe des Kautschukstopfens entsprechend, aus, welche man in die Atmosphäre entweichen läßt.[1]) Darauf stülpt man sogleich eine bereits in der Wanne parat stehende, mit Wasser gefüllte, graduirte Röhre, wie sie für Stickstoffverbindungen dient, über die Mündung des Entbindungsrohres. Nach etwa

1) Wenn die Dampfdichte leichtflüchtiger Substanzen bei hoher Temperatur zu bestimmen ist, empfiehlt es sich, die Gasmeßröhre schon vor dem Eintragen der Substanz über das Entbindungsrohr zu stülpen und durch einen vorläufigen Versuch das Gasquantum zu bestimmen, welches beim Eindrücken des Kautschukpfropfens bis zur Marke aus dem Apparat verdrängt wird und daher von dem in der Gasmeßröhre sich ansammelnden Gasvolumen abzuziehen ist.

¼ Minute verdampft die Substanz und drängt in raschem Strom eine ihrem Dampfvolumen entsprechende Luftmenge in die Meßröhre. Sobald keine Luftblasen mehr auftreten, entfernt man den Stopfen, stellt die Meßröhre in einen geräumigen, mit Wasser gefüllten Cylinder, so daß das Niveau innerhalb und außerhalb des Rohres gleich steht, liest nach einiger Zeit das Luftvolumen ab, notirt Barometerstand und Temperatur des Wassers im Cylinder, und hat nun alle Daten zur Berechnung der Dichte, die sich aus der einfachen Formel ergiebt:

$$D = \frac{s . 760 (1 + 0,003665 t)}{(B - w) V . 0,001293}$$

oder nach Zusammenziehung der Constanten:

$$D = \frac{s (1 + 0,003665 t) . 587780}{(B - w) V}$$

In dieser Formel bedeutet:
s das Gewicht der Substanz,
t die Temperatur des Zimmers, resp. des Wassers im Cylinder,
B den auf 0^0 reducirten Barometerstand,
w die Tension des Wasserdampfes bei der Temperatur t^0,
V das gemessene Luftvolumen.

Der Apparat wird zweckmäßig auf den Fußboden des Zimmers gestellt, seine Dimensionen sind derartig, daß man dann die Glaswanne und die graduirte Röhre bequem auf einen Tisch von mittlerer Höhe stellen kann.

Handelt es sich um die Bestimmung der Dampfdichte von Körpern, auf welche der Sauerstoff der Luft einwirkt, so wird das Gefäß b vor dem Versuche, anstatt mit Luft, mit trockenem Stickstoff gefüllt, welchen man mittelst einer Glasröhre, die bis auf den Boden des Gefäßes b reicht, von d aus bis zur völligen Verdrängung der Luft einleitet. Das Stickgas bereitet Meyer nach dem Gibbs-Böttger'schen Verfahren durch Kochen einer Lösung von 1 Thl. Kaliumbichromat, 1 Thl. Ammoniumnitrat, 1 Thl. käufl. Natriumnitrit und 3 Thl. Wasser, findet es aber zweckmäßig, das Gas vor dem Gebrauche durch Leiten über eine Schicht glühenden Kupfers von jeder Spur Sauerstoff zu befreien. Statt des Stickstoffs kann je nach den Umständen auch ein anderes Gas in Anwendung gebracht werden.

Sollen Dampfdichtebestimmungen bei Glühhitze vorgenommen werden, so ist das Glasgefäß b aus schwer schmelzbarem Glase herzustellen, mit einer Lehmschicht zu bekleiden und in einem geeigneten Gasofen zu erhitzen. Bei Anwendung der höchsten Temperaturen ersetzte Meyer die Glasgefäße durch solche aus Porzellan oder Platin, welche in einem Perrot'schen Gasofen mit Wiesnegg'scher Muffel bis zu einer zwischen dem Schmelzpunkte des Gußeisens und des Stabeisens liegenden Temperatur (höchste Gelbgluth) erhitzt werden konnten. Das Platingefäß wurde, um ein Eindringen der Flammengase in dasselbe bei Glühhitze zu verhindern, in ein innen und außen glasirtes, 60 Centim. langes Porzellanrohr gebracht, welches vertikal so in dem Perrot'schen Ofen eingestellt wurde, daß sein oberes und unteres Ende aus dem Ofen hervorragte. Selbstverständlich mußten bei Anwendung der hohen Hitzegrade auch die zum Einwerfen der Substanz dienenden Glasfläschchen durch Platineimerchen oder Gefäße aus anderem feuerbeständigem Material, wie Pfeifenthon, ersetzt werden.

Die hohen Temperaturgrade, bei welchen die Dampfdichtebestimmungen vorgenommen wurden, ermittelte Meyer durch calorimetrische Versuche, bei welchen ein Platinblock von 88,24 Gramm Gewicht und ein Calorimeter aus dünnwandigem Kupferblech, das mit 277 Gr. Wasser beschickt wurde, in Anwendung kamen. Er schätzte so die höchste Temperatur, bei welcher er arbeitete, auf 1567° C, also um ca. 120° höher, als diejenige, bei welcher Deville und Trost die Dampfdichte des Tellurs bestimmten (1439° C) und welche bisher der höchste bei einer Dampfdichtebestimmung angewandte Wärmegrad war.

Wir unterlassen hier eine eingehende Besprechung derjenigen Versuche, bei welchen Meyer behufs des Nachweises der Brauchbarkeit seiner Methode und der von ihm angewendeten Apparate Körper von bekannter Dampfdichte der Dampfdichtebestimmung unterwarf und beschränken uns auf ein Referat über das Ergebniß derjenigen Versuche, bei welcher Körper der Prüfung unterworfen wurden, deren Dampfdichtebestimmung in theoretischer Beziehung ein besonderes Interesse gewährt.

Eisenchlorid. — Die Dampfdichten der Verbindungen Fe_2Cl_6, Al_2Cl_6, Al_2Br_6, Al_2J_6 wurden von Deville und Troost

im Schwefeldampfe, die der zweiten Substanz auch im Quecksilberdampfe bestimmt und mit den für obige Formeln berechneten scharf übereinstimmend gefunden. Trotzdem sind diese Formeln keineswegs allgemein adoptirt worden, sondern viele Chemiker haben die einfachen Formeln $FeCl_3$ u. s. w. beibehalten. Als Grund hierfür wird von Fittig angeführt: „Vielleicht sind die Dampfdichten der Chloride bei zu niedriger Temperatur bestimmt“.

Zur Entscheidung dieser Frage schien es von Interesse die Dampfdichte des Eisenchlorides bei möglichst hoher Temperatur zu bestimmen. Um zunächst einen Versuch unter denselben Bedingungen wie Deville und Troost anzustellen, führten Victor und Carl Meyer eine Dampfdichtebestimmung im Stickgase und im Bleibade aus, welches nur soweit erhitzt war, daß Schwefel in demselben eben zum Sieden kam (447° C). Hierbei wurde die Dampfdichte = 11,14 gefunden. Eine zweite im glühenden Bleibade bei 619° C ausgeführte Bestimmung ergab die Dampfdichte = 11,01, während sich dieselbe nach der Formel Fe_2Cl_6 = 11,23 berechnet. Die Versuche bei noch höherer Temperatur fortzusetzen erschienen unthunlich, da das Eisenchlorid noch größere Hitzegrade nicht erträgt, sondern schon bei 697° C in einer Stickstoffatmosphäre unter stromweiser Chlorentwicklung zersetzt wird. Aluminiumchlorid verhielt sich unerwarteter Weise ebenso. Da das Eisenchlorid also in dem Temperaturintervall von 447 bis 619° C eine völlig unveränderliche Dampfdichte zeigt, so müssen nach Meyer die gegen die Annahme der Formel Fe_2Cl_6 bisher vorhandenen Bedenken schwinden.

Indiumchlorid. — Seit durch die Untersuchungen von Bunsen die specifische Wärme des Indiums bekannt ist, hat man das früher angenommene Atomgewicht des Indiums 75,6 durch 113,4 ersetzt und gebraucht demnach für das Oxyd statt der früher üblichen Bezeichnung JnO die Formel Jn_2O_3. Das Indium wird nicht mehr dem Zink, sondern dem Aluminium an die Seite gestellt. Für die Frage nach der Valenz des Indiums war es nun von Wichtigkeit, die Dampfdichte einer seiner Verbindungen zu bestimmen, was bisher noch nicht geschehen ist. Denn es ist noch unentschieden, ob z. B. das Indiumchlorid entsprechend den Chloriden des Eisens und Alu-

miniums die Formel Jn_2Cl_6 oder aber die halbe Moleculargröße $JnCl_3$ besitzt, mit anderen Worten, ob das Indium vier- oder dreiwerthig ist. Victor und C. Meyer haben daher die Dampfdichte des Indiumchlorides bestimmt. Dasselbe gleicht zwar äußerlich dem Aluminiumchlorid, ist aber bei weitem schwerer flüchtig. Bei Dunkelrothgluth verdampft es zwar reichlich, aber noch keineswegs rapide und erst bei beginnender Hellrothglühhitze geht es momentan in den Zustand eines normalen Gases über. Die Dampfdichtebestimmung wurde daher in einem mit einer Lehmschicht bekleideten, im Gasofen erhitzten Gefäße aus schwer schmelzbarem Glase bei einer Temperatur von circa 890° C vorgenommen und ergab die Zahl 7,87, während die Formel $JnCl_3$ 7,60, dagegen die Formel Jn_2Cl_6 15,20 fordert. Sonach kommt dem Indiumchlorid eine Molecularformel ($JnCl_3$) zu, welche von der für das Eisenchlorid und die Halogenverbindungen des Aluminiums geltenden durchaus verschieden ist.

Chlorzink. — Die Dampfdichte des Chlorzinks, welche bisher noch nicht bekannt war, läßt sich im Stickgase und unter Anwendung von Porzellangefäßen leicht bestimmen, nur erfordert die Wahl der Versuchstemperatur einige Vorsicht. Mittelst des Perrot-Wiesnegg'schen Gasmuffelofens konnte die Temperatur hervorgebracht und erhalten werden, bei welcher das Chlorid einerseits zwar rapide verdampft, andrerseits aber nach dem Erkalten unverändert und ohne Spuren von Chlor abzugeben wieder condensirt wird. Bei Innehaltung dieser Temperatur fanden Victor und C. Meyer die Dampfdichte des Chlorzinkes bei 890° C = 4,53 und bei 907° C = 4,61, während die Formel $ZnCl_2$ der Dampfdichte 4,70 entspricht.

Bromcadmium. — Für die Dichte des Bromcadmiumdampfes wurden mit der Formel $CdBr_2$ gut übereinstimmende Werthe gefunden. Dieser Formel entspricht der Werth 9,40, gefunden wurde:

9,28 bei 914° C
9,22 bei 923° C.

Kupferchlorür. — Die Dampfdichte des Kupferchlorürs zu bestimmen, erschien aus verschiedenen Gründen von Interesse. Erstlich kennt man noch von keiner Kupferverbindung das spec. Gewicht im Dampfzustande; namentlich aber ist der Versuch

von Wichtigkeit für die Frage nach dem Moleculargewicht der Oxydulverbindungen. Bekanntlich stimmt z. B. die Dampfdichte des Quecksilberchlorürs nicht auf die gewöhnlich angenommene verdoppelte, sondern auf die einfache Formel HgCl und es war daher zu prüfen, ob die allgemein angenommene Formel des Kupferchlorürs Cu_2Cl_2 durch die Dichtebestimmung gestützt werden würde. Der Versuch ergab, daß die übliche Formel Cu_2Cl_2 die richtige ist, denn aus dieser berechnet sich die Dampfdichte = 6,84 und gefunden wurde dieselbe = 7,05.

Zinnchlorür. — Die Dampfdichte des Zinnchlorürs ist bereits früher von Rieth bestimmt und bei wiederholten Versuchen = 7,47 und = 6,88 gefunden worden. Die neuerdings von V. Meyer in Gemeinschaft mit C. Meyer und Züblin ausgeführten Versuche ergaben für dieselbe folgende Zahlen:

12,85	bei	619° C
13,08	„	697° C
7,22	„	800° C
6,67	„	880° C
6,23	„	970° C.

Da sich nun die Dampfdichte aus der Formel $SnCl_2$ = 6,53 und aus der Formel Sn_2Cl_4 = 13,06 berechnet, so gelangt Meyer zu dem Schluß, daß das dampfförmige Zinnchlorür in zwei Modificationen besteht; bei relativ niederen, aber immerhin genügend von einander entfernt liegenden Temperaturen (600—700° C) hat es die Zusammensetzung Sn_2Cl_4, in höherer Temperatur zerfällt es zu Molecülen der Formel $SnCl_2$. Bei den hier erwähnten Versuchen war es mit Schwierigkeiten verbunden, die richtige Temperatur zu finden, bei der einerseits kein Chlor abgegeben wird, andrerseits die Dissociation des Sn_2Cl_4 vollendet ist.

Arsenige Säure. — Bereits oben wurde erwähnt, daß die Dampfdichte der arsenigen Säuren durch Mitscherlichs bei 571° C vorgenommene Versuche = 13,85 gefunden wurde, welche Zahl mit der aus der Formel As_4O_6 berechneten (13,68) gut übereinstimmt, daß indessen die Mehrzahl der Chemiker die Formel As_2O_3 beibehalten hat und daß dies durch die Vermuthung, die von Mitscherlich angewandte Versuchstemperatur sei nicht hoch genug gewesen, motivirbar erschien. Meyer

hat daher die Dampfdichte der arsenigen Säure aufs Neue bestimmt und zwar sowohl bei mäßiger, sowie bei voller Glühhitze (1560° C) und dieselbe bei dem ersteren Versuch = 13,80, bei letzterem = 13,78, also in jedem Falle entsprechend der Formel As_4O_6 gefunden. Er bezeichnet es daher als unzulässig, die arsenige Säure noch länger As_2O_3 zu formuliren.

Antimonige Säure. — Die zwischen der arsenigen und der antimonigen Säure bestehende Analogie ließ vermuthen, daß beiden analoge Molecularformeln zukommen. Meyer fand dies durch wiederholte, bei 1560° vorgenommene Versuche der Dampfdichtebestimmung der antimonigen Säure bestätigt, wie aus folgenden Zahlen hervorgeht:

	gefunden	berechnet für	
		Sb_4O_6	Sb_2O_3
Dampfdichte	19,60 und 19,98	19,90	9,95

Das Molecül der antimonigen Säure ist daher nach Meyer durch die Formel Sb_4O_6 auszudrücken.

Alkalimetalle. — Versuche, Kalium und Natrium der Dampfdichtebestimmung zu unterwerfen, führten Meyer zu der Ueberzeugung, daß die Dampfdichte dieser Metalle in Gefäßen aus Glas, Porzellan, Silber und Platin nicht zu ermitteln ist, da die genannten Materialien von den Dämpfen der Alkalimetalle angegriffen werden. Meyer bestreitet daher die Beweiskraft der von Dewar und Scott[1]) unter Anwendung von Platingefäßen ausgeführten Versuche, welche den Formeln K_1 und Na_1 entsprechende Dampfdichten ergeben haben sollen, glaubt aber, daß die Anwendung von Gefäßen aus Graphit, die er sich zu verschaffen bemüht ist, vielleicht zum Ziele führen werde.

Quecksilber. — Im weiteren Verfolge ihrer Versuche über die Dichte der Dämpfe bei sehr hohen Temperaturen untersuchten Vietor und Carl Meyer auch die specifischen Gewichte verschiedener Elemente bei höchster Gelbgluth. Um zunächst nochmals sicher festzustellen, daß das angewendete Verfahren bei dieser Temperatur ebenso zuverlässig sei, wie bei anderen Wärmegraden, und um namentlich dem Einwande zu

1) Chem. News 1879, Vol. 40, p. 293.

begegnen, daß möglicher Weise das Stickstoffmolecül, dessen Unveränderlichkeit bei Anwendung des in Rede stehenden Verfahrens vorausgesetzt wird, nicht eine Dissociation erleide, wählten Victor und Carl Meyer zur Probe das Quecksilber, welches mehr als eine andere Substanz zu der Erwartung berechtigt, daß es eine unveränderliche Dampfdichte habe, da sein Dampf schon bei niederer Temperatur aus isolirten Atomen besteht [1]) und somit eine weitere Spaltung höchst unwahrscheinlich ist. Das Ergebniß der bei ca. 440° C im Glasgefäße und bei ca. 1567° im Porzellangefäße ausgeführten Bestimmungen der Dampfdichte des Quecksilbers war folgendes:

	gefunden bei		berechnet für
	ca. 440°	ca. 1567°	Hg
Dampfdichte	6,86	6,81	6,91

Hiernach besitzen auch die Molecüle des Stickstoffs bei 1567° C noch die ihnen zugeschriebene Formel N_2, und erscheint die Anwendbarkeit des Meyer'schen Verfahrens zur Untersuchung etwaiger Dissociationserscheinungen der Elemente bestätigt.

Sauerstoff. — Da bei dem Meyer'schen Verfahren die Substanz in Gefäßen abgewogen in den Apparat geworfen wird, so erfordert die Untersuchung von Gasen einen Kunstgriff. Dieselben müssen in Form solcher fester Verbindungen abgewogen werden, welche ihren Gehalt an gasförmigen Bestandtheilen in der Wärme vollständig abgeben und dabei einen nichtflüchtigen Spaltungsrückstand liefern. Für den Sauerstoff wählten Victor und Carl Meyer das Silberoxyd, nachdem sie sich überzeugt hatten, daß Silber bei 1567° C nicht nachweisbar verdampft. Gefunden wurde:

	bei 1392° C	bei 1567° C
Dichte des Sauerstoffes	1,06	1,04
	1,04	1,10

während die Formel O_2 für die Dichte die Zahl 1,105 fordert. — Sonach besitzt der Sauerstoff bei allen Temperaturen (wenigstens bis 1567° C) dieselbe Dichte.

1) Meyer bedient sich dieses Ausdruckes obgleich wohl nur behauptet werden kann, daß das Quecksilbermolecül nur halb soviel Atome enthält als die Molecüle anderer Elemente.

Chlor. — Um das Chlor abzuwägen, gingen Victor und Carl Meyer zunächst wiederum von einer festen Verbindung desselben aus, die in der Hitze leicht ihren ganzen Chlorgehalt als Gas abgiebt und dabei einen absolut nicht flüchtigen Rückstand läßt. Unter den dieser Bedingung genügenden Substanzen wählten sie das Platinchlorür Pt_2Cl_4, welches gegenüber dem etwa noch in Betracht kommenden Körpern, wie Goldchlorid, Platinchlorid ꝛc., den Vortheil bietet, daß es nicht hygroskopisch und mit größter Leichtigkeit chemisch rein zu erhalten ist. Das benutzte Platinchlorür bildete ein staubiges dunkelolivengrünes Pulver, welches bei der Analyse 26,35 Procent Chlor ergab (berechnet 26,46 Proc.).

Um zunächst zu beweisen, daß das Präparat anstatt des freien Chlors zur Dampfdichtebestimmuug verwendbar sei, führten Victor und Carl Meyer Bestimmungen bei relativ niederer Temperatur (620° C) aus und gingen dann zu höheren Temperaturen über. Die für die Dichte des Chlors gefundenen Werthe ergaben sich wie folgt:

I.	II.			
2,42	2,46	bei	ca.	620° C
2,21	2,19	„	„	808° C
1,85	1,89	„	„	1028° C
1,65	1,66	„	„	1242° C
1,66	1,67	„	„	1392° C
1,60	1,63	„	„	1567° C.

Da sich nun aus der Formel Cl_2 die Dichte des Chlors = 2,45 berechnet, so ergiebt sich aus vorstehender Versuchsreihe, daß schon wenig oberhalb der zuerst angewandten Temperatur (620° C) die Dissociation des Chlors beginnt. Bei 800° und 1000° wurden Mittelzahlen gefunden, während von 1200° C aufwärts, nämlich bei ca. 1242°, 1392° und 1567°, die Dichte des Chlors sich wieder constant ergab, und zwar so, daß sie genau $^2/_3$ des für Cl_2 berechneten Werthes betrug.

Aus der Formel $^2/_3$ Cl_2 berechnet sich die Dichte = 1,63. Hiernach hält es Meyer für erwiesen, daß oberhalb 1200° C und zwar von 1242 bis 1567° C (also innerhalb eines Temperaturintervalls von ca. 325 Graden) die Dichte des aus Platinchlorür rasch entwickelten Chlors unveränderlich ist und einen

mit der Formel $^2/_3\,Cl_2$ genau übereinstimmenden Werth besitzt, und daß somit das Moleculargewicht des aus Platinchlorür rapid entwickelten Chlors, welches bei niederer Temperatur (bis oberhalb 600° C) 71 beträgt, oberhalb 1200° C = 47,3 ist.

J. M. Crafts[1]), welcher die Meyer'schen Versuche mit der Modification wiederholte, daß er das Chlor nicht im Apparate aus Platinchlorür entwickelte, sondern als freies Gas in den Apparat einführte, fand hingegen auch bei der höchsten im Perrot'schen Ofen zu erzielenden Temperatur die Dichte des Chlors nur der Formel Cl_2 entsprechend.

Zur Aufklärung dieses scheinbaren Widerspruchs führt Meyer an, daß bei der Entwicklung des Chlors aus Platinchlorür ein brüsker Uebergang des ersteren aus dem festen Zustande in dem des gelbglühenden Gases statt habe, daß sich das Chlor hierbei im statu nascendi befinde, und daß das „nascirende" Chlor bei hohen Hitzegraden eine Verminderung der Dichte um $^1/_3$ des normalen Werthes erfahre, daß also das nascirende Chlor bei Gelbglühhitze eine Dissociation zu Molecülen von der Größe $^2/_3\,Cl_2$ erleide, während diese Dissociation des fertig gebildeten Chlors bei der gleichen Temperatur noch nicht eintritt. Meyer theilt zur Begründung dieser Ansicht von ihm selbst und Züblin ausgeführte Versuche mit, bei welchen er aus Braunstein und Salzsäure entwickeltes, also bereits fertig gebildetes und mit Wasser, Schwefelsäure, Phosphorsäureanhydrid aufs Sorgfältigste gereinigtes Chlor der Dampfdichtebestimmung unterwarf. Um das zu erreichen verfuhr er folgendermaßen:

Ein Porzellangefäß, welches im Perrot'schen Ofen auf Gelbgluth erhalten wurde, ward vollständig mit reinem trocknen Chlor gefüllt. Nachdem das Chlor einige Zeit im Apparate geweilt und die Temperatur des Ofens angenommen hatte, wurde es mittelst eines Kohlensäurestroms aus dem Apparate verdrängt, in Jodkaliumlösung eingeleitet und seine Menge durch Titriren des ausgeschiedenen Jods mittelst Normalarseniklösung bestimmt. — Das Porzellangefäß wurde nun in dem gleichen Feuer stehend mit trockner Luft angefüllt, und auch

1) Comptes rendus 1880 t. 90, p. 183.

diese, nachdem sie die Temperatur der Umgebung angenommen, mittelst eines Kohlensäurestroms aus dem Apparate verdrängt, in einer Meßröhre über Kalilauge aufgesammelt, und ihr Volumen durch Einstellen in kaltes Wasser in der üblichen Weise bestimmt. Man kannte so: a) die Menge Chlor, b) die Menge trockner Luft, welche ein und dasselbe Porzellangefäß bei der gleichen Temperatur faßt, und hatte somit die nöhtigen Daten zur Berechnung der Dichte des Chlors. Die (relativ geringen) Mengen von Luft, bezw. Chlor, welche sich in dem aus dem Ofen herausragenden Stiele des Apparates, sowie in den (möglichst engen und kurzen) Zu- und Ableitungsröhren befanden, wurden besonders bestimmt und von der Gesammtluft, bezw. Gesammtchlormenge abgezogen, so daß nur diejenigen Mengen Chlor und Luft, welche sich in dem gelbglühenden Theile des Apparates befanden, zur Vergleichung kamen. Die Versuche stimmen, wie die erhaltenen Zahlen zeigen, unter einander sehr gut überein und ergaben:

A. Chlormenge:

1. Versuch: 0,06529 Grm. Cl,
2. " 0,06706 " "
3. " 0,06670 " "

B. Luftmenge:

1. Versuch: 22,3 Cubcentim. Luft,
2. " 22,5 " "
3. " 22,4 " "

feucht gemessen bei 715 Millim. Barometerstand und 14,6° C.

Im Mittel: 22,4 Cubcentim., entsprechend 19,6 Cubcentim. trockner Luft von 0° C und 760 Millim. Druck oder 0,02539 Grm. Der gelbglühende Apparat faßte also
an Chlor: 0,06529 Grm., 0,06706 Grm., 0,06670 Grm.;
an Luft: 0,02539 Grm. (Mittel aus 3 Versuchen), d. h. für die Dichte des Chlors ergiebt sich:

2,57, 2,63, 2,64; im Mittel = 2,61.

Diese Zahl stimmt nun vollkommen befriedigend mit dem für Cl_2 berechneten Werthe 2,45, während unter Anwendung von nascirendem Chlor aus Platinchlorür bei niederer Temperatur die gleiche Zahl (2,42 und 2,46), bei Gelbgluth aber die Zahlen 1,65, 1,66, 1,66, 1,67, 1,60, 1,62 erhalten wurden, entsprechend dem für $^2/_3$ Cl_2 berechneten Werthe 1,63.

Aus diesen Versuchen leitet Meyer die oben angeführten Schlüsse ab.

Welches die Ursache für das verschiedene Verhalten des nascirenden und freien Chlors ist, kann zur Zeit noch nicht entschieden werden. Man könnte geneigt sein, dieselbe in dem labileren Zustande zu suchen, welchen die Stoffe während des **status nascendi** zu zeigen pflegen. Doch ist es eben sowohl möglich, daß andere, mehr mechanische Ursachen vorliegen, auf welche später eingegangen werden soll. Nur sei hier noch darauf hingewiesen, daß nach Meyer die aus seinen Versuchen sich ergebende Existenzfähigkeit des Chlors Cl_2 und des Chlors $^2/_3$ Cl_2 bei der gleichen Temperatur durchaus analog der Thatsache ist, daß Sauerstoff und Ozon, die sich in ihren Dichten genau wie die beiden Modificationen des Chlors zu einander verhalten, ebenfalls bei der gleichen Temperatur, und sogar neben einander bestehen können.[1])

Einige weitere Consequenzen, die aus den angeführten Beobachtungen abgeleitet worden, sowie einige Einwände, die gegen sie erhoben worden sind, sollen am Schlusse dieses Referates Erwähnung finden, nachdem zuvor noch das Verhalten des Jods und des Broms in hoher Temperatur besprochen worden ist.

Jod. — V. Meyer bestimmte die Dampfdichte des Jods bei verschiedenen Temperaturen und zwar verwendete er bei seinen Versuchen reinstes (durch Sublimiren über Jodkalium gereinigtes) freies Jod. Die Resultate waren folgende:

Temperatur	Gefundene Dampfdichte	Theorie
ca. 253°	8,89 8,83 } in Glasgefäß	für J_2 8,78
„ 450°	8,84 8,85 } in Glasgefäß	
„ 586°	8,73 8,71 8,71 } in Porzellangefäß	
„ 842°	6,68 6,80 6,80 } in Porzellangefäß	
„ 1027°	5,75 5,74 } in Porzellangefäß	
„ 1052°	5,88 } in Platingefäß	
„ 1567°	5,71 5,81 } in Platingefäß	
„ 1567°	5,67 5,60 in Porzellangefäß	für $\frac{2}{3}$ J_2 5,83

1) Das eben beschriebene Verfahren der Gasdichtebestimmung gestattet in sehr bequemer Weise, die Dichte permanenter Gase bei Glühhitze zu bestimmen; Meyer hat mit Hülfe desselben das spec. Gewicht

Die Versuche ergaben also ein Resultat, welches dem beim nascirenden Chlor erhaltenen ähnlich ist. Bis ca. 600° entsprach die Dichte des Joddampfes genau der Formel J_2. Bei 800° war starke Verringerung zu constatiren und von ca. 1027° bis ca. 1567°, also in einem Temperaturintervalle von mehr als 500° C fand Meyer die Dampfdichte des Jods genau gleich dem für $^2/_3$ J_2 berechneten Werthe.

J. M. Crafts und Fr. Meier [1]) haben, angeregt durch die Versuche Victor Meyer's über das Verhalten des Chlors, ebenfalls die Dampfdichte des Jods durch eine Reihe von Versuchen bei hohen Temperaturen ermittelt. Sie glaubten jedoch den Meyer'schen Apparat etwas abändern zu sollen. Durch diese Abänderung, welche a. a. O. genau beschrieben ist, sollte einerseits vermieden werden, daß die während des Versuchs aus dem Apparat verdrängte, zu messende Luft eine Wasserschicht passiren muß, woraus nach Crafts eine Fehlerquelle entspringt; andrerseits sollte durch Beibringen einer Fallvorrichtung ermöglicht werden, daß das in dem oberen Theil d des Apparates (Fig. 31 u. 32 auf Seite 244) vor Beginn des Versuches eingetragene Gefäß mit der abgewogenen Substanz zum Herabfallen gebracht werde, ohne daß der Verschluß bei d geöffnet werde. Crafts und Fr. Meier glauben es dieser Abänderung des Apparates und der dadurch erzielten Vermeidung von Fehlerquellen zuschreiben zu sollen, daß ihre Beobachtungen die von Victor Meyer mitgetheilten nicht vollkommen bestätigen.

Nach den Versuchen von Crafts und Fr. Meier ist die Dichte des Joddampfes bei ca. 450° C normal = 8,78, d. h. der Formel J_2 entsprechend, beginnt aber bei 600—700° C anormal zu werden und wird mit dem Steigen der Temperatur progressiv kleiner, so daß sie bei etwa 1390° C nur noch = 5,31, d. i. ca. $^6/_{10}$ der normalen Dichte beträgt. Ein Constantbleiben der Dampfdichte innerhalb eines größeren, hochgelegenen Temperaturintervalles konnten Crafts und Fr. Meier nicht beobachten. Dieselben vermuthen daher, daß die Dichte

des Wasserstoffgases bei sehr hohen Hitzegraden festgestellt, und scharf mit der Formel H_2 übereinstimmend gefunden. Für den Wasserstoff bedurfte das Verfahren einiger Abänderungen, welche mit den erhaltenen Resultaten demnächst veröffentlicht werden sollen.

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880, Bd. XIII, S. 851.

des Joddampfes bei noch höheren Temperaturen auf 1/2 der normalen Dichte sich vermindern werde. Sie nehmen an, daß — wenn man die anormale Dichte des Joddampfes der Dissociation zuschreiben will — das Molecül J_2 sich nach und nach in 2 Atome J + J zerlege, oder daß eine Gruppe, die eine physikalische Einheit darstellt, sich in 2 Theile spaltet.

Noch sei bemerkt, daß Crafts die Genauigkeit der von V. Meyer auf calorimetrischem Wege ermittelten Temperaturgrade bezweifelt und die Meyer'schen Temperaturangaben im Allgemeinen für zu hoch hält. Crafts ist der Meinung, daß der höchste Temperaturgrad, bei welchem einerseits er, andrerseits V. Meyer experimentirte (der höchste im Perrot'schen Ofen zu erzielende Hitzegrad), nahezu derselbe war, obgleich derselbe von Meyer auf 1567°, dagegen von Crafts auf nur 1390° geschätzt wurde.

Victor Meyer hat seine Temperaturbestimmungen nur als approximative bezeichnet. Er weist darauf hin, daß bei seinen Dichtebestimmungen selbst die Temperaturen nicht in Betracht kommen, hat sich jedoch durch die Crafts'schen Einwände zu neuer experimenteller Prüfung veranlaßt gesehen und sich dabei überzeugt [1]), daß seine Temperaturbestimmungen nicht zureichen, um die Beziehungen zwischen Temperatur und Dissociationsgrad der Halogene zu ermitteln, da seine Temperaturbestimmungen nicht gleichzeitig mit den Dichtebestimmungen ausgeführt wurden und im Laufe der Zeit Temperaturschwankungen nicht zu vermeiden sind. V. Meyer hat daher aufs Neue Dampfdichtebestimmungen des Jods ausgeführt und dabei die Temperatur nach dem von Crafts beschriebenen Verfahren bestimmt, insbesondere auch sich überzeugt, daß bei diesen Versuchen das Reservoir seines Dampfdichtebestimmungsapparates in allen Theilen den gleichen Temperaturgrad besaß. Er fand indessen bei diesen erneuten Versuchen die Dichte des Joddampfes bei einer Temperatur von 1050—1100°.

5,76
6,16
5,72 } im Mittel 5,87; $^2/_3 J_2$ verlangt 5,83.
5,92
5,78

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880, Bd. XIII, S. 1103.

Worauf es beruht, daß die Beobachtungen des Herrn Crafts die Joddichte bei dieser Temperatur = 7,0 ergaben, vermag Meyer nicht anzugeben; doch hält er seine Methode der Dampfdichtebestimmung für einwurfsfrei und bezeichnet die Fallvorrichtung, welche Crafts an dem Apparate angebracht, nur für eine bequeme Modification desselben, während er den Vortheil der übrigen Modificationen in Zweifel zieht.

Die Frage, ob die Uebereinstimmung mit dem Werthe $^2/_3$ J_2 in der Constitution des Jodmoleculs begründet sei, oder nur eine Etappe auf dem Wege der Umwandlung in J_1 bezeichne, oder aber ob das Endziel der Dissociation erst durch den Werth $^1/_3$ J_2 (2,93) bezeichnet wird, hofft V. Meyer [1]) durch fernere Versuche entscheiden zu können, bei welchen er eine noch weitere Steigerung der Temperatur durch Anwendung des kürzlich von Deville und Troost [2]) beschriebenen Theerölofens zu erreichen hofft. Dieser Ofen soll Porzellan zu schmelzen erlauben, doch glaubt Meyer in demselben Gefäße aus Graphit verwenden zu können.

Sowohl die Ergebnisse der Meyer'schen, wie die der Crafts'schen Versuche weichen von den Resultaten ab, welche Deville und Troost bei ihren vorzüglichen Arbeiten über die Dampfdichten erhalten haben. Deville und Troost fanden nämlich bei einer mittelst des Jodthermometers, also unter Voraussetzung der unveränderlichen Dichte des Joddampfes ausgeführten Bestimmung des Siedepunktes des Zinkes den letzteren = 1040° C, d. i. fast genau gleich der Zahl, welche ihnen die luftthermometrische Messung ergab. Nun haben indessen Deville und Troost in neuester Zeit [3]) neue Bestimmungen des Siedepunktes des Zinkes veröffentlicht, welche denselben für eine Destillation, die in einem Graphittiegel vorgenommen wurde auf ungefähr 940° erniedrigen. Nimmt man diesen letzteren Temperaturgrad für den Siedepunkt des Zinkes an, so berechnet sich die Dampfdichte des Jodes aus den Deville'schen Versuchen bei 946° C = 7,92, während Crafts dieselbe bei der gleichen Temperatur = 7,6 bis 7,7 fand. Hier-

---

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880, Bd. XIII, S. 1010.
2) Comptes rendus 1880, t. 90, p. 728.
3) Comptes rendus 1880, t. 90, p. 793.

nach würde die Differenz zwischen den Ergebnissen der Deville'schen und der Crafts'schen Versuche nahezu verschwinden.

Versuche über das nascirende Jod mittelst Platinjodid anzustellen hat sich V. Meyer vorbehalten.

Brom. — Die Dichte des Bromdampfes bei Gelbglühhitze versuchten V. Meyer und Züblin[1]) sowohl für das nascirende als für das fertig gebildete Brom zu bestimmen. Die Versuche mit nascirendem, aus dem Platinbromid $PtBr_4$ entwickelten Brom gelangen mit der größten Leichtigkeit, während das freie Halogen wegen seiner großen Flüchtigkeit der Einführung in dem glühenden Apparat Schwierigkeiten entgegensetzte, die bis jetzt noch nicht überwunden werden konnten. Die Verdampfung des freien Broms erfolgte explosionsartig und man hatte keine Garantie, daß nicht ein Theil des Broms aus dem gelbglühenden Bauche des Apparates in den kälteren Hals verspritzt wurde.

Das bei den Versuchen mit nascirendem Brom angewendete Platinbromid stellte V. Meyer durch Erhitzen von Platinschwamm mit Brom und wässeriger Bromwasserstoffsäure auf 180° C im zugeschmolzenen Rohr dar. Die filtrirte Flüssigkeit wurde eingedampft und der Rückstand bei 180° C getrocknet. Das so erhaltene Bromid wurde mit Wasser extrahirt, von einem geringen Rückstande (Platinbromür) abfiltrirt, eingedampft und der Rückstand abermals bei 180° C getrocknet. Das so gewonnene, nicht im Geringsten zerfließliche schwarzbraune Pulver erwies sich bei der Analyse genau der Formel $PtBr_4$ entsprechend zusammengesetzt und erschien für die Abwägung und alle für Dampfdichtebestimmungen erforderlichen Manipulationen vollkommen geeignet.

Die Dampfdichtebestimmungen wurden bei einer nach calorimetrischer Schätzung ca. 1570° C betragenden Temperatur vorgenommen und ergaben die Dichte = 3,64 bis 3,78. Die theoretische Dichte beträgt für Br_2 5,52, für $^2/_3$ Br_2 3,64. Das Brom zeigt also unter diesen Bedingungen nach V. Meyer genau die gleiche Dissociationserscheinung wie sie von ihm bei dem nascirenden Chlor und bei dem Jod beobachtet wurde. Die Dampfdichte des Broms verringert sich nach Meyer bei

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880, Bd. XIII, S. 495.

Gelbgluth scharf um 1/3 ihres normalen Werthes. Versuche die Dampfdichte des Broms auch bei mittleren Temperaturen zu bestimmen, um zu prüfen, ob dieselbe auch innerhalb großer Temperaturintervalle constant bleibt, stellt V. Meyer in Aussicht.

Crafts fand bei seinen Versuchen mit freiem Brom die Dampfdichte desselben bei der höchsten Temperatur des Perrot'schen Ofens = 4,39 und 4,48, welche Werthe zwischen dem von den Formeln Br_2 und $2/3\ Br_2$ geforderten mitten inne liegen.

Schlußbemerkungen. — Jedenfalls ist durch die im Vorstehenden mitgetheilten Versuche constatirt, daß die Dampfdichte des Jods und des Broms bei hohen Temperaturen eine anormale wird und zwar einen geringeren als den den Formeln J_2 und Br_2 entsprechenden Werth annimmt. Nach V. Meyer gilt das Gleiche auch unter Umständen für das Chlor. Nach demselben erhält sich die verminderte Dampfdichte der Halogene innerhalb beträchtlicher Temperaturintervalle constant und zwar entsprechend dem von den Formeln $2/3\ Cl_2$, $2/3\ J_2$ u. s. w. geforderten Werthen. Nach den von Crafts ausgeführten Versuchen hingegen wird die Dichte des Jods oberhalb 700° C progressiv mit dem Steigen der Temperatur kleiner und sinkt ohne sich innerhalb größerer Temperaturintervalle constant zu erhalten, bei den höchsten Temperaturen, bei welchen experimentirt werden konnte, auf 6/10 des der Formel J_2 entsprechenden Werthes herab, so daß eine noch weiter gehende Abnahme der Dichte bei noch höheren Temperaturen einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit gewinnt.

Noch ist abzuwarten, ob fernere Versuche die Meyer'schen oder die Crafts'schen Beobachtungen bestätigen werden und mit lebhaftestem Interesse muß man der Entscheidung dieser Frage entgegen sehen.

Sollte indessen die Ansicht V. Meyer's Bestätigung finden, zufolge deren die Molecüle der Halogene Cl_2, Br_2, J_2 bei hohen Temperaturen eine Dissociation zu $2/3\ Cl_2$, $2/3\ Br_2$, $2/3\ J_2$ erleiden, so würden sich anderweite theoretische Schlußfolgerungen ergeben, die unsere Ansichten über die Constitution der Halogene wesentlich modificiren müßten. Denn da ein Molecül nicht Bruchtheile eines Atoms enthalten kann, so würde es sich als ein naheliegender Gedanke erweisen, daß die bisher als Atom betrachtete Chlormenge eine Verbindung dreier Atome

eines Elementes von dem Atomgewicht $\frac{35,5}{3}$ sei, oder es würde die so oft aufgestellte und wieder aufgegebene Muriumtheorie, welche bekanntlich das Chlor als ein Oxyd des Muriums auffaßt, eine neue Stütze finden. In Rücksicht hierauf führt Meyer an, daß er nicht unterlassen werde, auf 1567° C erhitztes Chlorgas durch ein Diaphragma diffundiren zu lassen.

Mit den jetzt herrschenden Anschauungen leichter vereinbar ist die von Crafts ausgesprochene Ansicht, zufolge deren eine bei hohen Temperaturen eintretende allmähliche Verminderung der Dampfdichte des Jods auf die Hälfte des normalen, der Formel J_2 entsprechenden Werthes statt hat, da diese Erscheinung durch die Annahme einer Spaltung des Jodmolecüls J_2 in 2 Atome Jod ihre befriedigende Erklärung finden würde.

Noch mögen schließlich einige Einwände kurz Erwähnung finden, welche gegen die Meyer'schen Versuche, beziehentlich gegen die auf sie basirten Schlüsse erhoben worden sind.

Zunächst erinnert F. Seelheim[1]) an die Flüchtigkeit des Platins im Chlorstrom, welche er seiner Zeit nachgewiesen. Da nun die Annahme einer Dissociation des Chlors bei den Meyer'schen Versuchen auf der Voraussetzung beruht, daß das Platinchlorür beim Erhitzen einen absolut nicht flüchtigen Rückstand läßt, so fällt nach Seelheim mit dieser Voraussetzung auch der Grund auf den sich jene Annahme stützt. Die durch Victor und Carl Meyer beobachtete Erscheinung, daß das Volum des Chlors bei ihren Versuchen um ein Drittel größer gefunden wurde als bei niederen Temperaturen, würde sich nach Seelheim durch die Gleichung erklären:

$$Pt_2Cl_4 = 2\,Cl_2 + Pt_2 = 6\ Vol$$

wobei 2 Volumen durch Platingas eingenommen werden.

Meyer[2]) bezeichnet den Seelheim'schen Einwand als durchaus unzutreffend, da bei seinen Versuchen das Platinchlorür in Eimerchen eingepfercht war, und diese — wie man sich bei geeigneter Anordnung des Versuchs überzeugen konnte — am Schlüsse des Versuchs eine dem angewendeten Platinchlorür fast absolut genau entsprechende Menge Platinschwamm ent-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1879, Bd. XII, S. 2066.
2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1879, Bd. XII, S. 2202.

hielten, während von sublimirtem Platin keine Spur zu finden war. Die Verflüchtigung des Platins im Chlorstrom ist nach Meyer eine auf Massenwirkung beruhende Reaction, die erst bei stundenlangem Erhitzen im Chlorstrom bemerkbar wird, und konnte daher bei dem nur wenige Secunden in Anspruch nehmenden Versuch der Dichtebestimmung (bei welchem zudem das Chlor nicht in Form eines wegführenden Gasstroms vorhanden ist) eine wahrnehmbare Menge Platin nicht verflüchtigt werden. Im Uebrigen erinnert Meyer daran, daß das nicht in Form einer Platinverbindung, sondern im freien Zustande angewendete Jod in hoher Temperatur dieselbe Dichteänderung wie das Chlor erleide. Wenn aber Jod und Chlor in der genannten Beziehung das gleiche Verhalten zeigen, so werde Niemand bezweifeln, daß die beobachteten Erscheinungen in beiden Fällen auf die gleiche Ursache zurückzuführen seien.

Ein fernerer, von Crafts und Fr. Meier erhobener Einwand ist gegen die Betrachtungen gerichtet, welche V. Meyer zur Erklärung der Dichte des aus Platinchlorür entwickelten und des im Gaszustand in den Apparat gebrachten Chlors anstellt (vgl. S. 256). V. Meyer spricht zur Erklärung jener Differenz der Dichte des Chlors von dem nascirenden Zustande und der brüsken Verdampfung des aus Platinchlorür entwickelten Chlors. Es erscheint nun nach Crafts und Fr. Meier[1]) bedenklich den Ausdruck „nascirend" der bei 1500° C einige Minuten dauert, anzuwenden, da der übrigens ziemlich unbestimmte Begriff „nascirender Zustand" gewöhnlich zur Erklärung chemischer Erscheinungen benutzt wird, bei denen man einen wichtigen Einfluß, der während der ganzen Reaction fortdauert, der Muttersubstanz zuschreiben kann, während man im vorliegenden Falle annehmen muß, daß das einmal gasförmige Chlor dem Einflusse des Platins entzogen ist. Wenn man gewöhnliches Chlor von solchem unterscheiden will, das aus der Verbindung mit einem edlen Metall wie Platin entstanden ist, so ist das eine Ansicht, die in Wirklichkeit einige Aehnlichkeit hat mit den Theorien von Schönbein über Ozon und Antozon; allein die zwei Fälle von Chlor und Sauerstoff erscheinen nur dann ähnlich, wenn man die Phase, welche die

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880, Bd. XIII, S. 853.

Dichte des Chlors bei ca. 600° C durchläuft, unberücksichtigt läßt. Ungefähr bei dieser Temperatur findet V. Meyer das Chlor aller Quellen normal und erst bei den in höherer Temperatur vorgenommenen Experimenten findet er anormale Dampfdichten. Und doch muß das Chlor um auf 1200° C zu kommen, bei 600° vorbei, so daß, wenn es statthaft ist, das bei 600° gasförmige Chlor als neuen Ausgangspunkt zu nehmen, man nicht einsieht, warum sich dieses Chlor mehr als ein anderes zersetzen soll.

Wenn man andererseits auf einer Differenz der Constitution des Chlors, entstanden durch eine mehr oder weniger schnelle Zersetzung seines Platinsalzes, bestehen will, so könnte man einwenden, daß beim Wechseln des Materials und der Dicke des Gefäßes, das man in den erhitzten Cylinder wirft, ein Erhitzen muß hervorgebracht werden können, das ebenso langsam ist zu 1200° als zu 600°. Wohl wäre es im Verfolge der Hypothese Meyer's erwünscht, durch directe Versuche zu ermitteln, ob ein Körper fähig sei, je nach der Schnelligkeit der Verdampfung seine Dampfdichte zu ändern; die in dieser Absicht von Crafts mit Jod angestellten Versuche boten jedoch Nichts, was eine solche Annahme rechtfertigen konnte. Da indessen durch ein negatives Resultat solcher Versuche eine Widerlegung der Meyer'schen Ansicht nicht erbracht ist, so bedarf auch die Frage über den Einfluß, welchen die Zeit auf den Verlauf der Dissociationsphänomene ausübt, noch der Erörterung.

Die Elemente und einige Verbindungen derselben.

Wasserstoff.

Wahrscheinliche Existenz eines Wasserstofftrioxydes. — Wenn übermangansaures Kali und Wasserstoffsuperoxyd in einer stark sauren Flüssigkeit auf einander wirken, so zerlegen sie sich gegenseitig, verlieren all ihren activen Sauerstoff und verwandeln sich in ihre Protoxyde. Nach der Ansicht Berthelot's[1]) wird diese Reaction veranlaßt durch

1) Compt. rend., t. 90, p. 656, u. Naturforscher 1880, XIII, S. 112.

die Bildung einer unbeständigen Verbindung, deren freiwillige Zersetzung die spätere Sauerstoffentwickelung erklärt. Zur Stütze dieser Ansicht beschreibt Berthelot das folgende Experiment. Eine Lösung von übermangansaurem Kali, die mit Schwefelsäure angesäuert worden, wird in einem Ballon auf — 12° abgekühlt; derselben Abkühlung wird in einem zweiten Ballon eine mit Schwefelsäure angesäuerte Lösung von Wasserstoffsuperoxyd ausgesetzt. Wenn man nun einem Theile des Wasserstoffsuperoxyds erst schnell, dann tropfenweise von der abgekühlten Permanganatlösung zusetzt, bis diese sich nicht mehr entfärbt, so tritt kein Aufbrausen ein. Es erfolgt jedoch ein lebhaftes Sieden, wenn man diese farblose Lösung aus der Kältemischung entfernt, und die resultirende Flüssigkeit wirkt weder auf Kaliumpermanganat, noch auf Jodkalium, noch auf schweflige Säure. „Es folgt aus diesem Versuche, daß die Reaction des übermangansaurem Kali auf Wasserstoffsuperoxyd in stark sauren Flüssigkeiten eine farblose Verbindung erzeugt, die bei — 12° in dem Medium, in dem sie entsteht, beständig ist, die sich aber zerlegt unter Sauerstoffentwickelung, sowie sie zur gewöhnlichen Temperatur zurückgeführt wird. Die beiden Bestandtheile bilden sie in einem solchen Verhältniß, daß jeder von ihnen dieselbe Menge activen Sauerstoffs enthält, und die Gesammtheit dieses Sauerstoffs wird während des Erwärmens frei.

Berthelot discutirt die Frage nach der Natur dieser unbeständigen, überoxydirten Verbindung, und zeigt, daß es weder eine höhere Oxydationsstufe des Mangans sein könne, weil bei der Zerlegung die Farbe sich nicht wieder herstellt, noch die Ueberschwefelsäure, da die Reaction auch mit Salpetersäure statt der Schwefelsäure in derselben Weise verläuft, noch verdichtetes Ozon, da zur Ozonbildung ein reagirender Körper zweimal soviel Sauerstoff liefern muß als der andere, und weil, wie Berthelot in einem besonderen Versuche zeigt, das Ozon in Wasser unlöslich ist. Es bleibt somit nur die Hypothese eines Wasserstofftrioxyds H_2O_3, das aus der Oxydation des Wasserstoffsuperoxyds durch das übermangansaure Kali hervorgeht nach der Gleichung'

$$Mn_2O_7 + 5\,H_2O_2 = 2\,MnO + 5\,H_2O_3.$$

Das Wasserstofftrioxyd ist analog dem bereits bekannten

Wasserstofftrisulfür H_2S_3. Die Bildung dieser Substanz scheint die beobachteten Erscheinungen am besten zu erklären; aber die unter den vorstehenden Bedingungen gebildete Substanz ist so unbeständig, daß es nicht möglich ist, sie zu isoliren.

Wassergas. — Unter dem vielverheißenden Titel „das Wassergas, der Brennstoff der Zukunft“ hat Julius Quaglio eine Schrift[1]) herausgegeben, in der er die hohe Wichtigkeit darzulegen sucht, welche das durch Einwirkung von Wasserdampf auf glühende Kohle zu erhaltende Gemisch von Wasserstoff und Kohlenoxyd, das sogenannte Wassergas, in Folge der von Lowe und von Strong vervollkommneten Darstellungsmethoden als Heiz- und Beleuchtungsmaterial zu gewinnen verspricht. Zugleich beschreibt Quaglio einen von ihm und Dwight verbesserten Apparat zur Erzeugung von Wassergas nach Strong's und Lowe's System.

Ueber die Darstellung des Wassergases und die Versuche, dasselbe insbesondere zu Beleuchtungszwecken zu verwenden, ist bereits früher (Jahrb. 1875, Bd. XI, S. 283—293) ausführlich Bericht erstattet worden. Während indessen nach den meisten älteren Methoden der Darstellung des Wassergases die Zersetzung des Wasserdampfes in mit Kohle gefüllten, und durch äußere Heizung glühend erhaltenen Retorten bewirkt wurde, haben Lowe und Strong den Wasserzersetzungsprozeß statt in Retorten in verticalen Schachtöfen vorgenommen und die Erhitzung der Kohle und des Dampfes dadurch hervorgebracht, daß sie die Kohle selbst abwechselnd in einer Luft- und Dampfatmosphäre verbrannten. Die Verbrennungsgase, welche sich bilden, während man die Kohle durch Einblasen von Luft in Gluth versetzt, läßt man, nachdem man ihnen ihre Wärme thunlichst entzogen, entweichen, und nur das während der Zuführung von Wasserdampf zur glühenden Kohle gebildete Gemenge von Kohlenoxyd und Wasserstoff wird aufgefangen. Nach Quaglio haben die Apparate von Lowe und Strong auf der Ausstellung in Philadelphia im Jahre 1878 Aufsehen erregt. Während Lowe hauptsächlich die Herstellung von Leuchtgas bezweckte, sollen sich Anfang dieses Jahres in New-York zwei Gesellschaften gebildet haben, von denen die eine „Metropolitan

---

1) Wiesbaden, J. F. Bergmann 1880.

Fuel Gas Company“ die Stadt New-York mit Heizgas zu versehen bestimmt ist, wogegen die andere „Strong Gas Fuel and Light Company“ sich das übrige Territorium des Staates New-York als Operationsplatz zur Einführung des Strong-Systems erkor. Auch in Stockholm sind von G. S. Dwight, dem Mitbesitzer der Strong'schen Patente, Versuche im großen Maßstabe mit Strong's Prozeß ausgeführt worden, und sollen die dort gewonnenen befriedigenden Resultate zur Bildung eines Consortiums für die Ausbreitung der neuen Erfindung in Europa geführt haben. Es wird sich somit Gelegenheit bieten, fernere Erfahrungen darüber zu sammeln, inwieweit durch die von den Erfindern angewendeten Prozesse und Apparate die praktischen Schwierigkeiten überwunden sind, welche bisher der Lösung dieses seit mehr als 50 Jahren behandelten Problems entgegen standen.

Da mittelst eines Kilogramm Kohle, wenn dasselbe erst zu Kohlenoxyd und letzteres darnach zu Kohlensäure verbrennt, in Summa nicht mehr Wärme entwickelt wird, als wenn das Kohlequantum direct zu Kohlensäure verbrennt (2480 + 5600 = 8080 Wärmeeinheiten) und da man andererseits a priori behaupten kann, daß beim Zersetzen von Wasserdampf durch glühende Kohle ebensoviel Wärme gebunden wird, als bei nachheriger Verbrennung des gebildeten Wasserstoffs entwickelt wird, so ist einleuchtend, daß durch die Intervention des Wasserdampfes beim Verbrennungsprozeß die Menge der entwickelten Wärme nicht gesteigert werden kann. Vielmehr kann das Wassergas, welches bei seiner Darstellung Wärmeverluste erlitten hat, beim Verbrennen nur weniger Wärme entwickeln, als die zu seiner Gewinnung erforderliche Kohle bei directer Verbrennung zu Kohlensäure zu liefern vermag. Es wird indessen behauptet, daß das Wassergas in Folge seines gasförmigen Zustandes eine ungleich vollkommenere Ausnutzung seiner Verbrennungswärme, d. h. eine vollständigere Uebertragung derselben auf zu erhitzende Gegenstände gestatte, als die feste Kohle und daß sich in Folge dessen doch die Verwendung des Wassergases zu Heizzwecken vortheilhafter erweise als die directe Verwendung der Kohle. Zur Erläuterung dessen ist etwa Folgendes anzuführen.

Nach Quaglio werden von der beim Verbrennen der

Steinkohle zu entwickelnden Wärme in unseren Feuerungsanlagen durchschnittlich nicht mehr als 10 Proc. nutzbar gemacht, so daß die Wärmeverluste, welche theils durch unvollständige Verbrennung, theils durch die Abführung heißer Verbrennungsgase durch den Schornstein ꝛc. veranlaßt werden, nicht weniger als 90 Proc. der producirbaren Wärme betragen. Von den 7500 Wärmeeinheiten, welche 1 Kilo guter Steinkohle beim Verbrennen der Theorie nach zu liefern vermag, werden sonach nach Quaglio in unseren Feuerungsanlagen durchschnittlich nur 750 Wärmeeinheiten wirklich nutzbar gemacht (vgl. die Angaben von Gruner und Anderen über die Ausnutzung der Wärme in verschiedenen Feuerungsanlagen, Jahrb. 1877, Bd. XIII, S. 320). Wenn indessen 1 Kilo gute Steinkohle nach Strong's System in Wassergas verwandelt wird, so besitzt das resultirende Gas nach Quaglio eine theoretische Heizkraft von 5030 Wärmeeinheiten (siehe unten). Die Differenz von 7500 — 5030 = 2470 Wärmeeinheiten ist bei der Erzeugung des Wassergases theils verbraucht worden, theils verloren gegangen. Zwar ist dieser Verlust von ungefähr ein Drittel der Verbrennungswärme der Steinkohle ein beträchtlicher; allein das nun erhaltene Gas kann nach Quaglio so complet und ökonomisch verbrannt werden, daß der bei der Verbrennung des Gases entstehende weitere Verlust 10 Proc. der theoretischen Verbrennungswärme des Gases nicht zu übersteigen braucht. Von den 5030 Wärmeeinheiten, welche den theoretischen Heizeffect des gebildeten Wassergases repräsentiren, würden sich also 4527 nutzbar machen lassen, gegenüber den 750 Wärmeeinheiten, welche bei directer Feuerung mit Steinkohle durchschnittlich nutzbar gemacht werden. Im letzteren Falle werden nach Quaglio nur 10 Proc., im ersteren 60 Proc. der theoretischen Heizkraft des Brennmaterials als Nutzeffect erhalten.

Der Umstand, daß das Wassergas eine vollständigere Ausnutzung seiner Verbrennungswärme zuläßt als die feste Steinkohle ist wohl hauptsächlich auf die Thatsache zurückzuführen, daß die Sauerstoffmenge, welche der Theorie nach zur Verbrennung von Wasserstoffgas und Kohlenoxydgas erforderlich ist, auch factisch ausreicht, um eine vollständige Verbrennung dieser Gase zu bewirken, während der Steinkohle, wenn sie

vollständig verbrennen soll, thatsächlich ein größeres Sauerstoffquantum als das der Theorie nach erforderte in Form von Luft zugeführt werden muß. (Vergl. dies. Jahrbuch 1877 Bd. XIII S. 333.) Da nun der Sauerstoff in der Luft von seinem vierfachen Volum Stickstoff begleitet ist, dieser aber, wie der überschüssige Sauerstoff den Verbrennungsproducten sich beimengt, mit diesen heiß durch den Schornstein entweicht und somit der Feuerstätte Wärme entführt, so ist klar, daß der bei der Steinkohlenfeuerung nothwendig in Anwendung zu bringende Luftüberschuß eine geringere Ausnutzung der Wärme zur Folge hat. Daß sich jedoch die Vortheile, welche sich in Folge dieses Umstandes zu Gunsten der Heizung mit Wassergas herausstellen, so hoch beziffern als Quaglio annimmt, dürfte nach den Erörterungen wohl zweifelhaft erscheinen, in welche wir eintreten wollen nachdem wir die der angeführten Schrift entnommene Beschreibung des von Quaglio und Dwight verbesserten Strong'schen Apparats zur Erzeugung von Wassergas hier wiedergegeben haben.

Die Abbildungen Fig. 33 und 34 geben einen vertikalen Längsschnitt und einen horizontalen Querschnitt des Apparates. A A sind die Wände und Abtheilungen von feuerfesten Steinen; B ist die Haupt- oder primäre Verbrennungskammer, in welcher das Brennmaterial auf dem Roste S, hydraulisch oder anders construirt, verbrannt wird, wenn überhaupt ein Rost angewandt wird, was nicht gerade der Fall zu sein braucht. Diese Kammer ist versehen mit einem Schieber oder Thüre a, um das Brennmaterial zu chargiren und einer Thür oder Thüren c, um den Rost behufs Rein- und Offenhaltung zu erreichen. Diese Thüre c kann auch groß genug gemacht werden, um Zutritt zur Aschenkammer c^1 zu gewähren, in der Zeichnung ist jedoch dieser Zutritt durch die Thüre c^2 gegeben, von welcher aus der ganze Raum unter beiden Kammern B und C erreichbar ist.

Die Kammer B ist in Verbindung mit den Kammern C D und E, worin die secundäre Verbrennung stattfindet durch Entzündung der Gase, welche aus dem in der Kammer B brennenden Materiale entweichen. Diese Kammern C D und E sind mit feuerfestem Materiale dicht angefüllt, sodaß die Hitze von den brennenden oder durchstreichenden Gasen ab-

sorbirt werden soll, um späterhin bei der Gasbereitung wieder verwendet zu werden. B ist in Verbindung mit D durch die

Fig. 33.

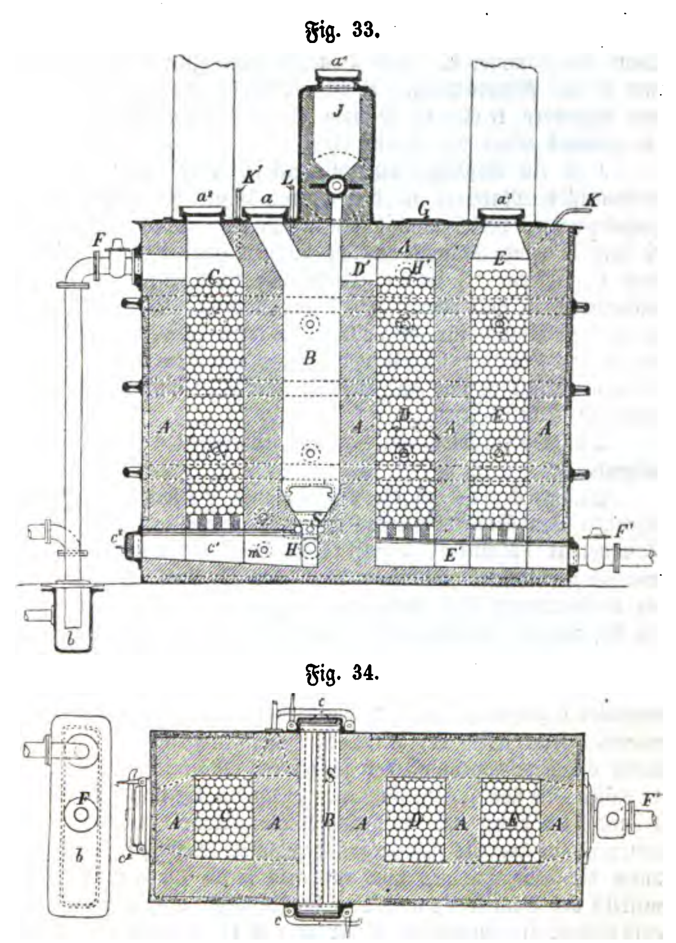


Fig. 34.

Oeffnung D^1, mit E durch den Durchlaß E^1 und mit C durch die Aschenkammer c^1, die beiden Kammern C und E haben

am Scheitel Auslässe für die ausgenützten Verbrennungsproducte, welche durch Schieber oder Ventile a^2 und a^3 geöffnet oder geschlossen werden können. C hat auch einen Gasauslaß F und ein anderer Gasauslaß F^1 befindet sich an der Basis der Kammer E. Der Deckel G giebt Zutritt zur Kammer D bei Reparaturen. H ist ein Gebläserohr, Luft nach den Kammern B oder C, je nach Bedürfniß liefernd, und H^1 ein gleiches Rohr für B oder D.

J ist ein Apparat, um pulverisirtes oder feines kohlenstoffhaltiges Material in den oberen Theil der Kammer B einzubringen, versehen mit einem Schieber oder Thüre a^1. K und K^1 sind Röhren, welche Wasserdampf nach E, eventuell C, liefern. L ist ein Einlaßrohr, um flüssige Kohlenwasserstoffe in den oberen Theil der Kammer B zu bringen. m ist ein Einlaß für dergleichen, mittelst Injektors an der Basis der Kammer C. Um die Hitze im Innern zu überwachen, befinden sich an geeigneten Stellen mit Glas verschlossene Schaulöcher.

Die Operationen mit diesem combinirten Ofen sind folgende.

Erstens. Ist es die Absicht, nichtleuchtendes Gas zu erzeugen von Stückkohle oder Coke, so wird dieselbe in der Kammer B entzündet, Ventil (Schieber) a^3 geöffnet und a und a^2 geschlossen. Alsdann wird bei H Luft eingeblasen, die Verbrennung des Materials zu beschleunigen und ebenso bei H^1, um die brennbaren Gase, welche nach D und E überströmen, zu verbrennen. Ist eine genügende Hitze in B, D und E erreicht, so wird der Schieber a^3 geschlossen, F an der Kammer C geöffnet, nachdem die Gebläseluft zuerst abgesperrt wurde. Nun wird bei K Wasserdampf eingelassen, welcher durch die Zwischenräume des feuerfesten Materials in E und D passirt, in überhitztem Zustande durch die Oeffnung D^1 nach B und hier durch die glühende Kohle abwärts strömt, sich zersetzend in die als Wassergas bezeichnete Mischung, welche durch die Aschenkammer und aufwärts durch die Kammer C, mittelst des Ventils F, nach dem Gasbehälter oder Gebrauchsorte strömt, im feuerfesten Materiale von C einen großen Theil seiner Hitze zurücklassend.

Wenn die Hitze der Kohle unter den, für eine ökono-

mische Zersetzung nothwendigen Punkt gefallen ist, wird der Dampf abgesperrt, das Ventil F geschlossen, a² geöffnet, Gebläseluft erst bei H¹ später bei H angewandt, wodurch die Gase in der Kammer C verbrannt werden und dort auch additionelle Hitze hervorbringen. Indem man die Luft zuerst bei H¹ einbläst, werden die entzündbaren Gase in C ohne Explosion verzehrt. Wenn die Hitze des Ofens genügend wiederhergestellt ist, wird die Luft abgesperrt, a² geschlossen, F¹ geöffnet, Wasserdampf bei K¹ zugelassen, welcher nun durch die heißen Ziegel in C abwärts und durch den Rost S und die Kohle aufwärts strömt, dort zersetzt wird und die brennbaren Gase durch D und E¹ mittelst des Ventils F¹ zum Behälter oder dem Verbrauchsort geleitet werden.

Zweitens. Wenn gewünscht wird, Staub oder kleines Material irgend eines kohlehaltigen Stoffes zu verwenden, so wird dieses in den Apparat (Mühlentrichter) J gebracht und der Apparat wie im ersten Falle angefeuert, nur werden die Kammern D und E zu einer viel höheren Temperatur getrieben; dann wird das Gebläse abgesperrt, a³ geschlossen und der Wasserdampf bei K eingelassen. Der Zubringungsmechanismus im Trichter J wird in Bewegung gesetzt und das zerkleinerte Material hierdurch oben in die Kammer B allmählich eingeschüttet. Hier begegnet es dem stark überhitzten Dampfe, wodurch sich eine gegenseitige Zersetzung vollzieht, welche durch die Passirung der Gase durch die glühende Kohlenschichte vollendet wird; das resultirende Wassergas strömt durch F ab.

Drittens. Genau dieselbe Operation kann angewendet werden, wenn gewünscht wird, Flüssigkeiten dem gepulverten Materiale zu substituiren, ausgenommen, daß statt des Trichters das Einlaßrohr L für die Einbringung angewendet wird; der überhitzte Wasserdampf zersetzt in diesem Falle die flüssigen, kohlenstoffhaltigen Materialien in nichtleuchtende Gase. Auch in diesem Falle kann der Ofen alternirend benützt werden, zuerst in der beschriebenen Weise, dann indem man den Dampf bei K¹ und die flüssigen Kohlenwasserstoffe bei m einläßt.

Viertens. Wenn es gewünscht wird, leuchtende Gase zu erzeugen bei Anwendung von gepulverten Materialien zur Erzeugung des Wassergases und flüssigen, um leuchtendes (öl-

bildendes) Gas hervorzubringen, ist die Operation die gleiche, wie unter „Zweitens“ beschrieben, jedoch muß vorher auch die Kammer C erhitzt werden, indem man a^2 öffnet, a^3 schließt und Luft durch H^1 und H einbläst. Wenn alle drei Kammern genügend heiß sind, werden die Kaminschieber geschlossen, die Luft abgesperrt, der Dampf bei K eingelassen, wodurch Wassergas, in derselben Weise wie oben erwähnt, mittelst pulverisirten Materials, durch J eingebracht, erzeugt wird. Nun werden durch einen Injector flüssige Kohlenwasserstoffe bei m in zerstäubter Form eingeblasen, dieselben begegnen dort dem heißen Gase, welches sofort eine Zersetzung derselben veranlaßt. Diese Gase und Kohlenwasserstoffdämpfe strömen zusammen durch die heißen Ziegel der Kammer C, wodurch Letztere in permanente Gase verwandelt werden und durch das Ventil F abströmen.

Fünftens. Sollte es wünschenswerth sein, die Decomposition des Wasserdampfes durch Anwendung von flüssigen Kohleverbindungen zu effectuiren und die Anreicherung (Leuchtendmachen) des so erzeugten Wassergases ebenfalls mittelst flüssigen Materials zu bewerkstelligen, dann ist der Prozeß derselbe wie bei „Viertens“, ausgenommen, daß statt Anwendung des Trichters J, die Flüssigkeiten für die Decomposition des Dampfes durch Einlaß L und jene zur Anreicherung durch m eingebracht werden und das so producirte Leuchtgas durch F abströmt. Diese Methode kann alternirt werden durch Einbringung des Wasserdampfes bei K^1, der Flüssigkeiten für dessen Zersetzung bei m und der Anreicherungsflüssigkeit bei L, Ausströmung des resultirenden Leuchtgases bei F^1.

Sechstens. Wenn Stückkohle oder Coke allein zur Zersetzung des Wassers und flüssiger Kohlenwasserstoff zur Anreicherung verwendet werden soll, wird der Ofen so gefeuert und geblasen, daß alle Kammern erhitzt sind. Nachdem die Luft abgesperrt und alle Auslässe außer F^1 gesperrt sind, wird der Dampf bei K^1 eingelassen, welcher überhitzt in der Kammer C, durch die Kohle in B aufsteigt, dort zersetzt wird und als Wassergas den Dämpfen des flüssigen Kohlenwasserstoffes, welcher durch L eingelassen wird, begegnet. Zusammen mit diesem passirt es das erhitzte Material in Kammer D und verläßt als permanentes Leuchtgas den Auslaß F^1. Diese

Methode kann man alternirend umkehren, indem man den Dampf bei K einläßt, flüssigen Kohlenwasserstoff bei m und das Gas bei F ableitet.

Siebentens. Wenn es gewünscht wird, feste, kohlenwasserstoffreiche Materialien zur Anreicherung des Wasserstoffgases zu verwenden, so wird dieselbe Operation wie vorher (Sechstens) vorgenommen, mit der Ausnahme, daß anstatt das Einlaßrohr L zu gebrauchen, der Trichter J benützt wird, um das fein vertheilte, feste Anreicherungsmaterial, z. B. Cannelkohle, einlaufen zu lassen, welches dem heißen Wassergase, aus der Kohle aufsteigend, begegnet, sich zersetzt und so demselben Leuchtkraft mittheilt.

Achtens. Wenn es erwünscht ist, feste Kohlenwasserstoffe in größeren Stücken für die Anreicherung anzuwenden, wie Cannelkohle oder andere reiche Kohle (Bitumen-Kohle) kann man die Kammer C von dem feuerfesten Materiale entleeren und durch a^2 mit solchen Stücken kohlenwasserstoffhaltiger Materialien chargiren; das heiße Wassergas, erhalten durch den in a^3 eingelassenen Wasserdampf, in Berührung mit pulverisirtem oder flüssigem Materiale im oberen Theile der Kammer B, oder durch Passage durch die heiße Kohle in derselben Kammer, indem es durch die bituminösen Materialien in C strömt, destillirt die Gase ab und strömt mit diesen durch das Ventil F aus. Coke und Rückstände aus C werden zur Chargirung von B, durch Thüre c^2, benützt.

Neuntens. Will man nahezu reines Wasserstoffgas produciren, so wird das feuerfeste Material, entweder in der Kammer C oder E, oder in beiden, ganz oder theilweise ersetzt durch Eisen oder andere Metalle, fähig genügende Hitze aufzunehmen und rasch oxydirt und desoxydirt zu werden. Der Ofen wird so aufgefeuert, daß diese Substanzen zur Rothgluth erhitzt werden und der Wasserdampf, alsdann damit in Contact gebracht, giebt seinen Sauerstoff an das Metall ab, wodurch das Wasserstoffgas frei wird, durch die glühende Kohle in B passirt und je nach der Methode durch eines der Auslaßventile nach der Gasglocke geleitet wird. Will man dieses Wasserstoffgas leuchtend machen, so kann dies geschehen, indem man die Kammer D sehr hoch (weißglühend) erhitzt, den Dampf bei K einlassend, das Wasserstoffgas wird dann in D so stark

erhitzt, daß es durch die glühende Kohle strömend, sich theilweise mit derselben zu Kohlenwasserstoff verbindet. Der Grad der Bildung leuchtender Gase wird abhängen von der Qualität der angewendeten Kohle und von der Hitze; in manchen Fällen wird es mehr conveniren, in das erhitzte Wasserstoffgas pulverisirte oder flüssige Kohlenwasserstoffe zu injiciren in der schon beschriebenen Weise. Nachdem das Metall oxydirt ist, kann dasselbe wieder reducirt werden, indem man die Producte der theilweisen Verbrennung der Kohle aus der Kammer B darüber leitet.

Es ist möglich, die Periode der Gasbereitung in verschiedenen der oben beschriebenen Methoden auszudehnen und das Volumen des producirten Heizgases bedeutend zu vermehren, wenn man gleichzeitig mit dem Dampfe so viel Luft einbläst, als nothwendig ist, das Material in Gluth zu erhalten und die kühlende Wirkung des Dampfes auszugleichen. Dieses Factum ist erwähnt, um zu zeigen, welche Anwendungen dieses System möglich macht, ohne diese Methode für die Praxis zu empfehlen, weil eine solche Anwendung von Luft nothwendigerweise eine Verdünnung der producirten Gase durch Stickstoff bedingt.

Wenn der Proceß der Gasbereitung nach irgend einer der beschriebenen Methoden geschlossen wird und man will die Hitze des Ofens durch frische Luft und Brennmaterial wieder anfachen und in die Höhe bringen, so ist das Kaminventil, welches dem Gasauslaß zunächst, und der entfernteste Gebläserohreinlaß zuerst zu öffnen, wodurch das zurückgebliebene Gas ohne Explosion ausgetrieben wird.

Der Ofen, wie er oben beschrieben wurde, ist nur gegeben als ein Beispiel und kann verändert werden in seiner Form (cylindrisch, oblong oder polygon), die Kammern können vertical, horizontal oder beides nach ihrer Hauptaxe sich erstrecken; auch ist es nicht nothwendig, daß sie in einer Structur zusammengelegt oder von einer Umhüllung umschlossen seien, sondern sie können auch eine oder die andere, oder alle, oder gruppenweise separirt errichtet und durch Kanäle oder Röhren verbunden werden. Die Hitze der abströmenden Verbrennungsproducte solcher Oefen, oder die Hitze durch die Verbrennung der entwickelten Gase, ob diese resultirt durch die Anwendung

von Luft während des Auffeuerns, oder durch den Dampf später, oder durch beides zu gleicher Zeit, kann verschieden angewendet werden, entweder die Luft, den Dampf oder das Wasser vorzuwärmen, Dampf zu erzeugen und dergl., aber solche Anwendung ist nicht neu und wird auch nicht als neue Erfindung beansprucht.

Aber eine neue und vortheilhafte Anwendung von solcher Hitze mag gemacht werden, indem man dieselbe zur Destillation kohlenwasserstoffhaltiger Materialien, oder zur Erzeugung von Gasen daraus benützt.

Es ist bekannt, daß bei der Umwandlung solcher Stoffe zu Leuchtgas ein großer Verlust entsteht durch die Ungleichheit der hierzu anzuwendenden Temperatur, indem ein Uebermaß von Hitze die schweren Kohlenwasserstoffgase und Dämpfe wieder zersetzt, eine ungenügende Hitze dagegen zuviel condensirbare Dämpfe oder Theer erzeugt. Dieser Verlust ist der Veränderlichkeit der Temperaturen zuzuschreiben, untrennbar von der Verbrennung roher Heizstoffe und wird bedeutend vermindert durch Anwendung gleichförmigerer Hitzegrade, wie sie durch die entweichenden Verbrennungsproducte hervorgebracht werden, oder in noch höherem Grade durch die Verbrennung gleichmäßig zuströmender Gase. Es ist evident, daß wenn die nothwendige Temperatur, um eine gegebene Quantität irgend eines kohlenwasserstoffhaltigen Materials in leuchtende Gase zu verwandeln, bestimmt ist, durch die Anwendung eines gewissen Volumens heißer Gase oder Verbrennung brennbarer Gase in bestimmter Menge es möglich wird, durch Regulirung des Zuflusses ein ununterbrochen gleichmäßiges Resultat zu erhalten. — Wir haben hier die Beschreibung der Anlage in Quaglio's Worten wiedergegeben.

Die Herstellungskosten des Wassergases sollen sich nach Quaglio pro 1000 Cubikfuß für schwedische Küstenplätze auf 40 Pf., für Mitteldeutschland auf 37 Pf. berechnen, doch ist nicht genau zu ersehen, was unter Gestehungskosten verstanden wird.

Die Bedenken, zu welchen die von Quaglio aufgestellten Berechnungen (oben Seite 269) Veranlassung geben, sind in der Rundschau des Journal's für Gasbeleuchtung [1]) in recht klarer Weise dargelegt worden wie folgt:

1) Journal für Gasbeleuchtung 1880, Bd. 23, S. 333.

Nach Quaglio hatten die in Stockholm mittelst des Strong'schen Apparates aus verschiedenen Materialien dargestellten Heizgase folgende Zusammensetzung:

Rohmaterial	Volumprocente				
	CO_2	CO	H	CH_4	Luft
Coke (Englische Ofen-) allein	4,0	40,0	49,6	6,0	1,0
Coke aus Höganäs	2,6	34,8	59,6		3,0
Anthracit aus Wales	3,6	34,1	61,3		1,0
Coke ¼ und trockener Torf ¾ . . .	7,0	35,5	57,0		0,5
Coke ¼ und nasser Torf ¾	9,0	33,4	57,1		0,5
Coke ¼ und Newcastle-Kohlenstaub ¾ .	6,8	35,4	56,2		1,0

Bedenkt man, daß man beim gewöhnlichen Generatorbetrieb mit Wasserdampfzuführung nur etwa 30 Proc. brennbare Gase (CO + H) erhält, und daß hier in allen Fällen ein Gehalt von mehr als 90 Proc. angegeben ist, so ergiebt sich in der Qualität eine ungeheure Superiorität gegenüber unseren Generatorheizgasen. Andererseits ist natürlich das Quantum Gas, das Strong-Lowe aus 1 Kilogr. Kohlenstoff erzeugen, wesentlich geringer. Herr Quaglio giebt an, daß eine Tonne (1000 Kilogr.) Kohlen 1416 Cubikm. Heizgas geben, oder 1 Kilogr. Kohlen 1,416 Cubikm. Gas. Bei unserer Generatorfeuerung mit Wasserdampfzuführung dagegen erhalten wir beispielsweise pro 1 Kilogr. aufgewendeten Kohlenstoff 6,45 Cubikm. Heizgas (incl. Stickstoff).

Berechnet man das Wärmequantum, das man beiderseitig durch vollständige Verbrennung des aus 1 Kilogr. Kohlenstoff erzeugten Heizgases erhält, so ergiebt sich beispielsweise folgendes Verhältniß:

Das nach dem Strong'schen Proceß aus englischem Coke dargestellte Heizgas enthielt nach Quaglio's Angaben 4 Proc. Kohlensäure, 40 Proc. Kohlenoxid, 55 Proc. Wasserstoff (einschließlich der Kohlenwasserstoffe und 1 Proc. Stickstoff resp. Luft. Durch Verbrennung dieses Heizgases werden theoretisch geliefert ca. 2850 Wärme-Einheiten und da 1 Kilogr. Kohlen (als Kohlenstoff gerechnet) 1,416 Cubikm. Gas gegeben hat, so entsprechen also 1 Kilogr. aufgewendetem Kohlenstoff 1,416 × 2850 = 4036 W.-E. als dasjenige Wärmequantum, das sich theo-

retisch durch Verbrennung des aus 1 Kilogr. Kohlenstoff dargestellten Heizgases entwickeln läßt.

Quaglio selbst giebt in seiner Broschüre für das aus 1 Kilogr. Kohle resultirende Gas die theoretische Heizkraft zu 5030 W.=E. an.

Das im Münchener Generator mit Wasserdampf aus Saarbrücker Coke dargestellte Heizgas enthielt beispielsweise (Journal f. Gasbel. 1880 S. 188.) 9,1 Proc. CO_2 19,8 Proc. CO, 13,9 Proc. H und 57,2 Proc. N. Durch Verbrennung dieses Gases (ebenfalls im kalten Zustande angenommen), werden theoretisch 1011 W.=E. erzeugt, und da 1 Kilogr. Kohlenstoff 6,45 Cubikm. Heizgas ergiebt, so entsprechen also 1 Kilogr. aufgewendetem Kohlenstoff $6{,}45 \times 1011 = 6521$ W.=E. als diejenige Wärmemenge, die sich theoretisch durch Verbrennung des aus 1 Kilogr. Kohlenstoff dargestellten Heizgases entwickeln läßt.

Man sieht also, daß man sich durch die Qualität des Strong'schen Gases, durch seinen bedeutend reicheren Gehalt an brennbaren Bestandtheilen nicht täuschen lassen darf. Wenn man die Quantitäten des sich aus 1 Kilogr. Kohlen ergebenden Gases mit ins Auge faßt, so findet sich, daß der gewöhnliche Schachtgenerator mit continuirlicher Wasserdampfzuführung bedeutend bessere Resultate giebt, als der Strong'sche Apparat.

Hierbei ist noch angenommen, daß das Gas in beiden Fällen völlig abgekühlt zur Verwendung kommt. Nun tritt aber beim gewöhnlichen Generatorbetrieb, wo der Generator unmittelbar neben dem Ofen steht, das Heizgas mit ziemlich hoher Temperatur (etwa 1000°) in den Ofen über und führt auch diese durch das Thermometer meßbare Wärme noch dem letzteren zu. Dadurch wird der Wärmeverlust beim gewöhnlichen Generatorbetrieb sehr gering, in vielen Fällen so gering, daß er sich bei der Unsicherheit unserer Temperaturmessungen dem theoretischen Effect (von 8080 W.=E. pro 1 Kilogr. Kohlenstoff) gegenüber fast der Berechnung entzieht. Beim Strong'schen Proceß dagegen hat man einen Verlust, der nach den Angaben Quaglio's etwa 30 Proc. der gesammten theoretischen Wärme auszumachen scheint. (Siehe oben Seite 269)

Ein solcher Verlust ist auch wohl begreiflich. Durch den intermittirenden Betrieb, durch die verhältnißmäßig bedeutende Wärme-Ausstrahlung und durch den Umstand, daß die fertigen

Heizgase den Apparat mit einer jedenfalls noch ziemlich hohen Temperatur verlassen, welche Wärme ebenfalls verloren geht, addiren sich eine Anzahl von Verlusten, die zusammen sehr wohl eine solche Höhe erreichen können.

Man darf deshalb wohl mit Grund die Behauptung aufstellen, daß das Strong'sche Verfahren in allen denjenigen Fällen, wo das erzeugte Heizgas sofort nach seiner Darstellung am gleichen Ort zur Verwendung kommt, durch die bestehende Generatorfeuerung mit Dampfzuführung weit überholt ist, daß sich aber seine Bedeutung in jenen Fällen wohl geltend machen kann, wo es darauf ankommt, eine gewisse Heizkraft in einem möglichst geringen Volumen zu concentriren, resp. Heizgas in Röhrenleitungen fortzuschaffen und zu vertheilen.

Damit kommen wir dann auch auf das, was Quaglio in seiner Broschüre eigentlich im Auge zu haben scheint, auf die Errichtung besonderer Heizgasanstalten zur Versorgung ganzer Städte. Es ist ja gar keine Frage, daß die allgemeine Einführung der Gasfeuerung nicht nur in der Industrie, sondern auch im Hauswesen ungeheuere Ersparungen mit sich bringen könnte, weil sich das Brennmaterial in Gasform weit ökonomischer verwenden läßt. Allein wir sind nicht sanguinisch genug, deshalb an eine demnächst bevorstehende allgemeine Einführung im Hauswesen zu glauben.

Die Idee der Association auf dem Gebiete des Heizungswesens ist nicht neu. Von verschiedenen Seiten angeregt wollen wir hier nur beispielsweise an ein vom Civilingenieur Albert Pütsch herstammendes Project einer Versorgung Berlins mit Heizgas von den Braunkohlenlagern bei Fürstenwalde erinnern. Der Jahresbedarf Berlins war auf $9\frac{1}{2}$ Millionen Mille Cubikfuß Gas, und der Verbrauch für den längsten Wintertag auf ca. 407 Cubikfuß pro Secunde berechnet, das Gas sollte durch eine ca. 160,000 Fuß lange Rohrleitung von Fürstenwalde nach Berlin geschafft werden. Die schmiedeeiserne Rohrleitung war auf 4 Fuß Durchmesser berechnet, und es sollte das Gas durch Gebläsemaschinen von ca. 1400 Pferdekraft eingeblasen werden (Vortrag des Civilingenieurs Albert Pütsch, gehalten im Berliner Lokalverein der deutschen Ingenieure für heiz- und gesundheitstechnische Anlagen. Rohrleger 15. Mai 1880.)

Noch möchten wir auf einige Umstände aufmerksam machen, die der baldigen Einführung besonderer Anstalten zur Versorgung ganzer Städte mit Heizgas doch einigermaßen im Wege stehen dürften. Abgesehen davon, ob der Strong-Lowe-Quaglio-Dwight'sche Apparat zur Darstellung eines qualitativ reichen Heizgases wirklich der geeignetste Apparat sein mag oder nicht, d. h. ob man nicht die Verluste, die mit demselben verbunden sind, noch bedeutend weiter reduciren kann, liegen in der Anlage allgemeiner Heizgasanstalten überhaupt noch große Schwierigkeiten verborgen. Man hat es mit einem Gase zu thun, das bei seinen giftigen und explosiven Eigenschaften keinen Geruch besitzt, dem man also jedenfalls vorher künstlich einen penetranten Geruch geben müßte, um es überhaupt in eine Stadt führen zu können. Man hat es mit sehr großen Rohrdimensionen oder mit hohen und complicirten Druckverhältnissen zu thun, und die Unterbringung der Röhren neben den Gas- und Wasserröhren, Kanälen, Telegraphen und vielerlei anderen bestehenden Leitungen erscheint nahezu unausführbar, so lange wir nicht die Straßen unserer Städte in Tunnels zur bequemeren Aufnahme aller Leitungen verwandelt haben werden. Auch in den Häusern würde die Anbringung noch weiterer Leitungen mit großen Unbequemlichkeiten verbunden sein. Kurz es sind eine Menge technischer Schwierigkeiten vorhanden, welche die Versorgung ganzer Städte mit Heizgas für die nächste Zukunft kaum als wahrscheinlich erscheinen lassen.

Etwas anders liegt es mit der Versorgung einzelner größerer Etablissements, in denen etwa die Vorbedingungen günstig gestaltet sind, in denen beispielsweise Centralheizungen und große Küchenanlagen vorhanden sind. Hier läßt sich die Einführung der Gasheizung am ersten denken, und würde das Heizgas etwa eine ähnliche Rolle spielen, wie vor 80 Jahren das Leuchtgas in den Fabriken zu Soho und anderswo unter Murdoch und Clegg.

Abgesehen von allen technischen Schwierigkeiten hat das Project städtischer Heizgasanstalten aber auch noch die Concurrenz mit dem Leuchtgase zu bestehen. Das Leuchtgas hat bekanntlich auch als Heizmaterial für häusliche Zwecke bereits ausgedehnte Anwendung gefunden, namentlich an Orten, wo man sich unter Mitwirkung von günstigen localen Umständen

besondere Mühe gegeben hat, die Benutzung desselben zum Kochen und Heizen zu fördern. Das Leuchtgas hat den ungeheuren Vorsprung, daß es bereits vorhanden ist, daß es für die Benutzung zu Heizzwecken entweder gar keiner oder wenigstens keiner umständlichen und kostspieligen Umänderungen der Rohrleitung bedarf, mit einem Wort, daß seine Mitverwendung als Heizgas sich fast unmerklich vollzieht. Dabei ist wohl ins Auge zu fassen, daß das Leuchtgas seiner Zusammensetzung nach dem Wassergas an Heizkraft noch weit überlegen ist, daß also der Consument hier sein Heizmaterial in einem noch concentrirteren Zustande erhält. Ein Leuchtgas von mittlerer Zusammensetzung kann bei vollständiger Verbrennung pro 1 Cubikm. etwa 5000 W.-E. entwickeln während das Strong-Lowe'sche Heizgas, wie oben nachgewiesen, nur etwa 2850 W.-E. ergiebt. Nun erhält man allerdings bei der Leuchtgasbereitung pro 1 Kilogr. Kohlen nur etwa 0,28 Cubikm. Gas, während man beim Strong'schen Wassergas 1,416 Cubikm. erhält, die Heizkraft des aus 1 Kilogr. Kohlen entwickelten Leuchtgases beträgt also etwa nur 1400 W.-E., während diejenige des aus demselben Kohlengewichte erzeugten Heizgases 4036 W.-E. beträgt; aber hier kommt in Betracht, daß man bei der Leuchtgasfabrikation außer dem Gase noch die Coke (nebst Theer und Gaswasser) als Rückstand erübrigt, und zwar pro 1 Kilogr. Kohlen etwa 0,4 Kilogr. Coke, welche eine absolute Heizkraft von etwa 2500—3000 W.-E. repräsentiren, und je nach ihrer Verwerthung in der Calculation eine Rolle spielen, während bei der Heizgasbereitung das ganze Material ohne werthvolle Rückstände verbrannt, resp. vergast wird. Das Leuchtgas ist für das Project der Stockholmer Herren nach unserer Ueberzeugung ein viel größerer Concurrent, als es vielleicht auf den ersten Blick scheinen möchte, und es dürfte eine sehr wesentliche Differenz in den Gaspreisen erforderlich sein, um irgend eine Stadt — von allen technischen Bedenken abgesehen — zur Einführung einer besonderen Heizgasanlage zu veranlassen.

In Amerika verwendet man das Strong-Lowe'sche Wassergas, wie schon erwähnt wurde, auch zur Darstellung von Leuchtgas, indem man es mittelst Petroleum carburirt. Da diese Verwendung bei uns auf dem Continent wenigstens für große Städte wohl keine Aussicht haben dürfte, so glauben wir uns

an dieser Stelle eines näheren Eingehens darauf enthalten zu sollen.

Stickstoff.

Ammoniakgewinnung. — An Bemühungen, neue Quellen für die Gewinnung des Ammoniaks zu erschließen, hat es auch in den letzten Jahren nicht gefehlt. So haben Th. Scholz und L. Thieme in Dresden ein Patent genommen (D. R.-P. Nr. 2653 v. 24. Januar 1878), um das bei der Cokesfabrication entweichende Ammoniak zu gewinnen und H. Grouven in Leipzig ließ sich ein Verfahren zur Gewinnung von Ammoniak aus der Moormasse der Bruchmoore und Grünlandsmoore, welche etwa 3,8 Proc. Stickstoff hauptsächlich in Form von Proteinsubstanz enthält, patentiren (D. R.-P. Nr. 2709 v. 13. März 1878). Die Apparate, welche die Patentträger in Anwendung bringen, sind in den angezogenen Patentschriften abgebildet und beschrieben und begnügen wir uns auf letztere zu verweisen. (Vergl. auch Dingler pol. Journ. 1879 Bd. 134 S. 383).

Auch auf die Ueberführung des atmosphärischen Stickstoffs in Ammoniak sind aufs Neue verschiedene Patente genommen worden. Maxwell-Lyte[1]) will nach einem englischen Patente Ammoniak dadurch gewinnen, daß er ein Gemenge von Stickstoff (ihres Sauerstoffgehaltes beraubter Luft) und Wasserdampf auf eine Antimon-Kaliumlegirung einwirken läßt. Das Kalium entzieht dem Wasser den Sauerstoff und der abgeschiedene Wasserstoff bildet angeblich mit dem Stickstoff Ammoniak. Ueber die Herstellungskosten des so gewonnenen Ammoniaks sind Angaben noch nicht gemacht worden.

J. Swindells[2]) (engl. Patent v. 21. Juni 1876) glaubt Ammoniak dadurch synthetisch darstellen zu können, daß er ein Gemenge von atmosphärischer Luft und Wasserdampf über erhitzte Kohle leitet. Der entstandene Wasserstoff soll sich dann in Kammern, die mit erhitzten Thonstücken gefüllt sind, zu Ammoniak vereinigen.

Ein ganz ähnliches Verfahren zur Ammoniakgewinnung hat sich J. P. Rickmann[3]) aus London in Deutschland paten-

1) Dingler pol. Journ. 1877, Bd. 223, S. 549.
2) Das. 1878, Bd. 229, S. 274.
3) Das. 1880, Bd. 263, S. 48.

tiren lassen (D. R.-P. Nr. 8238 v. 19. December 1878). Derselbe will ein Gemisch von 5 Vol. Luft und 12 Vol. Wasserdampf über Kohlen oder Cokes leiten, welche in schrägliegenden Retorten auf 550 bis 800° erhitzt sind. Der Sauerstoff der Luft und des Wassers soll sich hierbei mit dem Kohlenstoff verbinden und der atmosphärische Stickstoff mit dem freiwerdenden Wasserstoff des Dampfes Ammoniak bilden, welches in geeigneter Weise verdichtet werden kann. Da man auf dem angedeuteten Wege schwerlich zur Ammoniakgewinnung gelangen wird, unterlassen wir es, auf eine genauere Beschreibung der a. a. O. abgebildeten Apparate einzugehen.

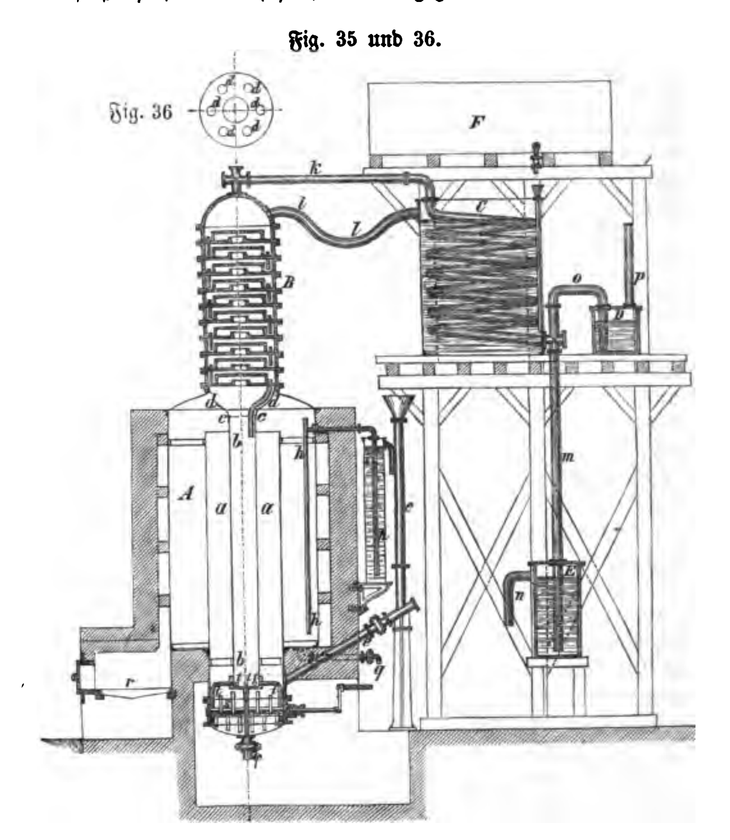
Gewinnung von Ammoniak aus dem Ammoniakwasser der Gasfabriken. — Wir haben bereits in einem früheren Bande dieses Jahrbuches (1875 Bd. 11 S. 316) des in der Fabrik von Jaffé und Darmstädter in Berlin in Anwendung gebrachten, und auch in verschiedenen anderen Fabriken functionirenden Apparates zur Gewinnung von Salmiakgeist aus Ammoniakwasser gedacht. Seitdem hat Solvay einen Apparat zur Concentration von Gaswasser construirt, welcher insbesondere von Gerlach [1]) als äußerst zweckmäßig empfohlen und von Hanrez [2]) abgebildet und beschrieben worden ist. In neuester Zeit hat sich Grüneberg [3]) (D. R.-P. Nr. 5255 v. 21. Mai 1878) einen für den gleichen Zweck bestimmten Apparat, der jedoch auch zur Destillation anderer Ammoniak enthaltender Flüssigkeiten dienen kann, patentiren lassen.

Der in Fig. 35 u. 36 abgebildete Apparat Grüneberg's besteht aus einem Destillirkessel A, einem Rectificator B, einem Kühlapparat C, verbunden mit einem Absorptionsgefäß D und einer hydraulischen Absperrung E. Der aufrechtstehende cylindrische Destillirkessel A hat eine concentrische innere Abtheilung a, welche den unteren Boden des Kessels durchbricht und sich unterhalb desselben fortsetzt; sie ist mit einem gewölbten Boden geschlossen und letzterer mit einem Ablaßhahn f versehen, welcher zum Entfernen der Unreinigkeiten des durch das Rohr e in den Cylinder a eingeführten Kalkes, sowie zum Ablassen des in demselben gebildeten Gypses dient. In der Abtheilung a

1) Dingler pol. Journ. 1876, Bd. 222, S. 399.
2) Das. 1876, Bd. 222, S. 83.
3) Das. 1879, Bd. 233, S. 141.

hängt concentrisch das Rohr b bis hinunter zu dem cylindrischen Ansatz derselben. Dieses Rohr b ist unten geschlossen und mit Abflußröhrchen t versehen, oben dagegen mittels eines bei d

Fig. 35 und 36.



durch eine Reihe von Oeffnungen durchbrochenen Kragens c mit dem Hauptkessel A verbunden. In dem genannten cylindrischen Ansatze befindet sich ein kleiner Rührapparat s, bestimmt, den durch das Rohr e eingeführten Kalk in innige Berührung mit der durch die Röhrchen t aus dem inneren Rohr b herabkom=

menden, von flüchtigen Ammoniakverbindungen befreiten Flüssigkeit zu bringen. Der Kessel A hat ein Abflußrohr h, welches außerhalb des Apparates in dem cylindrischen Gefäße i hydraulisch abgesperrt ist, und außerdem einen Ablaßhahn q, welcher seine vollständige Entleerung ermöglicht.

Auf dem Destillirkessel A ist ein Rectificator bekannter Construction befestigt, welcher auch durch einen mit Coke oder drgl. gefüllten Scrubber ersetzt werden kann. Derselbe ist durch das Rohr k mit dem Kühlapparat C verbunden; letzterer wird aus dem Behälter F gespeist. Das Rohr l dient zur Ueberführung des in C erwärmten Wassers nach dem Rectificator.

Der Gang der Operation ist nun folgender: die rohe Ammoniakflüssigkeit fließt aus dem Behälter F in das Kühlgefäß C und von hier mittels des Rohres l durch den Rectificator B in das absteigende Rohr b des Destillirkessels A. Am Boden des Einsatzes a dieses Kessels trifft sie herabfließend durch die Röhrchen t mit der dort befindlichen Kalkmilch zusammen, wird hier zerlegt, eine Reaction, die durch zeitweilige Bewegung des kleinen Rührapparates s unterstützt wird. Die nun freies Ammoniak enthaltende Flüssigkeit steigt in dem Cylinder a auf und fließt an dessen oberen Rande über in den Hauptkessel A. Aus diesem wird dieselbe dann durch das Rohr h am Boden abgeführt, nachdem das Ammoniak daraus ausgetrieben ist.

Die in dem Kessel A, welcher vom Roste r aus geheizt wird, entwickelten Dämpfe treten durch die Oeffnungen d in den Rectificator und von hier aus durch das Rohr k entweder in den beschriebenen Kühlapparat C, welcher zugleich Dämpfe und Gase von einander scheidet, oder, wenn es sich um Darstellung von schwefelsaurem Ammoniak handelt, in ein Bleigefäß mit Schwefelsäure. In ersterem Falle fließt die in C condensirte Ammoniaklauge durch das Rohr m in das dasselbe hydraulisch absperrende Gefäß E, woraus sie durch n abfließt. Das Röhrchen o leitet die nicht condensirten Dämpfe in das ausgebleite und mit Schwefelsäure gefüllte Gefäß D, aus welchem die nicht absorbirten Gase durch das Rohr p in die Feuerung geleitet werden.

Zufolge eines neueren Patentes (D. R.-P. Nr. 9392, welches ein Zusatz-Patent zu Nr. 5255 v. 21. Mai 1878 bildet)

bringt Grüneberg [1]) den zur Zersetzung der nicht flüchtigen Ammoniakverbindungen dienenden Kalk nicht mehr in eine Abtheilung des Destillirkessels A, sondern schaltet jetzt ein besonderes Kalkgefäß zwischen Destillirkessel und Colonne ein. Die Kalkmilch gelangt durch ein Rohr, welches hoch genug ist, um einen hydraulischen Abschluß zu bilden, in das Kalkgefäß; andere Rohre führen die Dämpfe aus dem Destillirkessel A in das Kalkgefäß und bewirken die innige Vermischung der Kalkmilch mit dem aus der Colonne zufließenden Ammoniakwasser. Das im Kalkgefäß behandelte Ammoniakwasser fließt durch ein Nebenfallrohr in die innere Abtheilung des Destillirkessels und weiter.

Verbindungen des Ammoniaks mit Salzsäure. — Nach L. Troost [2]) vermag das Ammoniak mit Salzsäure und wie es scheint auch mit anderen Säuren, eine ganze Reihe von Verbindungen zu bilden. Isolirt und genauer untersucht wurden die Verbindungen $HCl,4\,NH_3$ und $HCl,7\,NH_3$. Zur Darstellung derselben wurde gasförmiges, absolut trocknes Ammoniak, welches frei von jeder Spur eines substituirten Ammoniaks war, mit reiner trockner Salzsäure gesättigt und dann das so erhaltene Salz in einem geschlossenem Gefäße bei Gegenwart eines reichlichen Ueberschusses von gasförmigem Ammoniak destillirt, wobei man die Producte auf verschiedene Temperaturen abkühlte. Das Salz $HCl,4\,NH_3$ schmilzt bei $+7^0$, das Salz $HCl,7\,NH_3$ schmilzt hingegen schon bei -18^0; die durch Schmelzung erhaltene Flüssigkeit erstarrt erst wieder bei -40^0 C. An der Luft geben beide Salze durch Dissociation Ammoniak ab, dabei verwandelt sich das letztere Salz in das erstere.

Salpeterbildung. In Fortsetzung ihrer Versuche (dies. Jahrbuch 1878 Bd. 14, S. 338) über die Bildung der Salpetersäure im Boden zeigen Th. Schlösing und A. Müntz [3]), daß Kanalwasser nach dem Erhitzen auf 110^0 unverändert bleibt, wenn keine Sporen aus der Luft hinzutreten können. Fügt man aber etwas Ackererde hinzu und leitet atmosphärische

1) Die chemische Industrie 1880, Jahrgg. 3, S. 198.
2) Wagner, Jahresbericht 1879, S. 358.
3) Dingler pol. Journal 1880, Bd. 236, S. 87 nach Comptes rendus 1879, t. 89, p. 891 u. 1074.

Luft hindurch, so treten bald Nitrate auf. Gleichzeitig bilden sich längliche Organismen, welche den Bacterien sehr verwandt sind, sich aber durch Knospenbildung vermehren, häufig in Form zweier länglicher oder runder, an einander gereihter Zellen auftreten und bei 100° rasch getödtet werden.

Wie bei allen durch Organismen hervorgerufenen Processen ist auch hier die Temperatur von großem Einfluß auf die Salpeterbildung. Ueber 5° ist sie fast Null; erst bei 12° wird sie merklich, um bei 37° ihren Höhepunkt zu erreichen und bei 55° völlig zu erlöschen.

Sehr wesentlich ist der Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes, eine Bedingung, die im lockeren Boden am vollkommensten erreicht wird. Bei Flüssigkeiten steht dem entsprechend, unter sonst gleichen Bedingungen, die Menge des gebildeten Salpeters im directen Verhältniß zur Ausdehnung der Oberfläche. Eine fernere Bedingung für die Salpeterbildung ist ein gewisser Feuchtigkeitsgrad des Bodens. Trocknet die Erde aus, so werden die Organismen getödtet, die Salpeterbildung gehemmt; zu große Feuchtigkeit hindert den Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes. Erforderlich ist auch eine schwach alkalische Reaction; doch hemmt bereits ein Gehalt von 0,3 Proc. kohlensaures Alkali die Salpeterbildung.

Unbedingt erforderlich für die Lebensthätigkeit der Salpeter bildenden Organismen sind organische Stoffe; doch entwickeln sich in einem Boden, welcher besonders reich an diesem ist, Mucor-Arten, welche die genannten Organismen tödten und so die Salpeterbildung hindern.

Bei niederen Temperaturen und mangelhaftem Luftzutritt bilden sich vorwiegend salpetrigsaure Verbindungen.

Kohlenstoff.

Die künstliche Bildung von Diamanten ist von J. B. Hannay[1]) beobachtet worden. Bei seinen Untersuchungen über die Löslichkeit von festen Körpern in Gasen oberhalb der kritischen Temperatur hatte derselbe bemerkt, daß verschiedene Substanzen, die bei gewöhnlicher Temperatur unlöslich sind,

1) Beiblätter zu den Ann. der Phys. u. Chem. 1880, Bd. IV, S. 255.

bei hoher Temperatur und unter hohem Druck im Wasserdampf eine sehr beträchtliche Löslichkeit zeigen. Die Vermuthung, vielleicht so auch ein Lösungsmittel für Kohlenstoff gefunden zu haben, bestätigte sich zunächst nicht; wurde jedoch ein Kohlenwasserstoff in Gegenwart eines Metalls (besonders Magnesium) denselben Bedingungen unterworfen, so verband sich der Wasserstoff mit dem Metall und der Kohlenstoff wurde ausgeschieden und zwar beim Vorhandensein einer stickstoffhaltigen Verbindung in der hellen durchscheinenden Form des Diamanten. Die Eigenschaften des so erhaltenen krystallinischen Kohlenstoffs in Bezug auf Härte, Verhalten in polarisirtem Licht, Krystallform, sind die des Diamants, eine Verbrennungsanalyse gab 97,85 Proc. Kohlenstoff; das specifische Gewicht wurde zu 3,5 bestimmt.

Ueber Graphitbildung durch Zersetzung von Cyanverbindungen schreibt Falheim[1]) (chemische Fabrik Griesheim bei Frankfurt a. M.) Folgendes:

Nach R. Pauli rührt der Graphit, welcher bei der Darstellung von Aetznatron aus beim Leblanc-Verfahren erhaltenen Mutterlaugen auftritt, von der Zerstörung der Cyanverbindungen, namentlich des Ferrocyannatriums her (vergl. dies. Jahrb. Bd. 12 S. 324). Bei der Darstellung des Aetznatron's aus Rohlaugen indessen gelangen die concentrirten Laugen häufig frei von Ferrocyannatrium in die Schmelzkessel; gleichwohl findet stets Graphitabscheidung statt. Nimmt man aber die Eindampfung der Lauge und die Oxydation der Schwefelverbindungen in einem silbernen Gefäß vor, so scheidet sich kein Graphit ab, auch wenn vorher eine Lösung von Ferrocyankalium zugesetzt worden ist. Die Schmelze löst sich klar in Salpetersäure, meist auch in Salzsäure, es findet also auch keine Ausscheidung von amorphem Kohlenstoff statt. Andererseits ist es bekannt, daß die aus grauem Gußeisen bestehenden Schmelzkessel stark angegriffen werden.

In einem Kessel von 10 Tonnen Inhalt der ungefähr 6 Tonnen wiegt und bis 240 Kilo (4 Procent) Graphit enthalten kann, stellt man nach Lunge im günstigen Falle 700 Tonnen Aetznatron dar. Dann hat der Kessel entweder ein

---

1) Die chemische Industrie 1880, S. 52.

Loch, oder er ist an einzelnen Stellen so dünn geworden, daß eine weitere Benutzung nicht räthlich erscheint.

Der Graphit dürfte demnach ausschließlich aus dem gelösten Gußeisen herstammen. Das scheinbar plötzliche Auftreten desselben beim Eintragen des Salpeters in die rothglühende Masse, welches Pauli hauptsächlich zu seiner Ansicht veranlaßt zu haben scheint, rührt nach Falheim von der eintretenden Gasentwicklung her, die den specifisch nur wenig schweren Graphit an die Oberfläche des geschmolzenen Aetznatron's reißt, wo er eine Zeit lang bleibt, weil er von diesem, wie von Wasser nicht benetzt wird.

Bor.

Die Entstehung der Borsäure in den toskanischen Maremmen geschieht nach der Hypothese von Bechi[1]) in nachstehender Art: Der ophiolitische Serpentin, dessen Kette in Mittelitalien mit der Längenausdehnung der Soffioni parallel läuft, enthält Borsäure, wahrscheinlich als Magnesiumborosilicat, ferner Schwefelkies, Chalkopyrit und etwa 0,01 Proc. Stickstoff. Wird das Gestein in einer kleinen, eisernen Gasretorte in kohlensäurehaltigem Wasserdampf auf 300° erhitzt und werden die Dämpfe in ein größeres Wasserbassin geleitet, so beobachtet man geradezu dieselben Erscheinungen wie bei den Soffioni. Das Wasser enthält Borsäure und Ammoniaksalze, es wird durch ausgeschiedenen Schwefel milchig getrübt, während reichlich Schwefelwasserstoff entweicht. Verf. glaubt, daß die Annahme einer sehr langsamen Zersetzung der Serpentine durch Wasserdampf die zur Erklärung der Erscheinungen der Borsäure-Soffioni angemessenste Hypothese abgäbe.

Silicium.

Verflüssigung des Siliciumwasserstoffs von H. Ogier[2]). Für dieses Experiment wurde der Apparat von Cailletet benutzt. Bei gewöhnlicher Temperatur verflüssigt sich Siliciumwasserstoff nicht, auch nicht unter einem Druck von 200 bis 300 Atmosphären. Durch rasche Expansion bei

1) Wagner, Jahresbericht 1879, S. 352.

2) Bericht d. deutsch. chem. Ges. 1879, Bd. 12, S. 668 u. Compt. rend., t. 88, p. 236.

50 Atmosphären Druck bildet sich ein dichter Nebel in der Röhre und findet Verdichtung einer Flüssigkeit auf den Wänden der Röhre statt. Der Siliciumwasserstoff ist bei — 110° unter einem Druck von 50 Atmosphären, bei — 5° unter 70 Atmosphären, bei — 10° unter 100 Atmosphären Druck flüssig.

Ein krystallisirtes Hydrat der Kieselfluorwasserstoffsäure. Beim Einleiten von Fluorsilicium in concentrirte Flußsäure behufs Darstellung der Kieselflußsäure entstehen nach Kessler [1]) bei niederer Temperatur und genügender Concentration Krystalle, anscheinend von der Zusammensetzung $H_2SiF_6 + 2H_2O$, die äußerst hygroskopisch sind, bei 19° schmelzen, oberhalb des Schmelzpunktes sich zum Theil in HF und SiF_4 zersetzen, an der Luft dicke Nebel bilden und sehr hart sind.

Natrium.

Soda. — Unter den Fortschritten, welche das Leblanc'sche Verfahren der Sodafabrication im Laufe der beiden letzten Jahre gemacht hat, ist vor Allem eine Modification dieses Verfahrens zu erwähnen, welche sich A. R. Péchiney (Besitzer der großen Sodafabrik zu Salindres bei Alais) patentiren ließ (D. R. P. No. 3591 v. 20. Juni 1878; E. P. v. 24. Dec. 1877 u. 11. Januar 1878). Einem Berichte von G. Lunge [2]) über das Péchiney'sche Patent entnehmen wir Folgendes.

Schon längst war es bekannt, daß bei der Sodaschmelzung Cyannatrium gebildet wird und daß dieses eines der wichtigsten Hindernisse dafür abgiebt, aus den Rohlaugen durch einfaches Eindampfen sofort weißes Sodasalz zu erzeugen; das Cyannatrium muß nämlich in Ferrocyannatrium übergehen, so daß es bis zuletzt darin bleibt. Beim Calciniren geht es dann in Eisenoxyd über, welches der Soda eine gelbe Farbe mittheilt. Allerdings kommt Eisen auch sonst in die Soda, namentlich durch Vermittlung von Schwefelnatrium; aber das als Schwefeleisennatrium vorhandene Eisen läßt sich durch verschiedene Manipulationen aus den Laugen entfernen, namentlich durch das „Carbonisiren" derselben. Versuche zur Beseitigung

1) Comptes rendus, t. 90, p. 1285 u. Berichte d. deutsch. chem. Ges. 1880, Bd. 19, S. 1353.

2) Dingler pol. Journ. 1879, Bd. 231, S. 337.

auch des Ferrocyannatriums von Gossage (durch Krystallisation) und Williamson (durch Erhitzen der Laugen unter Druck) waren fehlgeschlagen, und man war dabei stehen geblieben, nur einen Theil der Soda als reinere Waare auszusoggen, aus den Mutterlaugen dagegen, wenn sie nicht auf Aetznatron verarbeitet wurden, nur ein mißfarbiges Sodasalz zu gewinnen. Ueberhaupt wurden die Cyanverbindungen in der Sodarohlauge wenig beachtet, bis eben Péchiney wieder von neuem darauf hinwies.

Das Verfahren von Péchiney fußt darauf, daß die Cyanverbindungen im Sodaofen nur gegen das Ende der Schmelze gebildet werden, wenn das Sulfat schon fast ganz zersetzt ist, und daß ihre Bildung auch bei niedriger Temperatur stärker als bei höherer ist; sein Mittel gegen ihre Bildung beruht nun darauf, daß man die Schmelzung bei möglichst hoher Temperatur ausführen, und daß man zuletzt eine frische Menge Natriumsulfat zusetzen müsse, welche etwa gebildetes Cyanid zerstört und jedenfalls durch die noch vorhandenen Mischungsmaterialien selbst noch in kohlensaures Natron umgesetzt wird. Nach Lunge könnte man den Vorgang durch folgende Gleichung ausdrücken

$$Na_2SO_4 + 2\,NaCN = Na_2S + Na_2CO_3 + CO + 2N.$$

Das gebildete Na_2S wird dann durch vorhandenen $CaCO_3$ in Na_2CO_3 verwandelt. Auch betont Péchiney es, allerdings nicht als unerläßlich für diesen speciellen Zweck, daß man mit einem Minimum von Mischungskohle arbeiten und die erforderliche hohe Temperatur des Sodaofens, sowie die Abdampfung der Laugen durch die Herdfeuerung allein zu erreichen suchen müsse. Wenn man nach seinen Vorschriften arbeitet, so fällt die Rohlauge ganz frei von Cyannatrium oder Ferrocyannatrium aus, und man kann aus ihr direct Krystallsoda oder auch ganz weißes Sodasalz herstellen, ohne irgend welche Mutterlaugen aushalten zu müssen.

W. Weldon hat das in Rede stehende Verfahren Péchiney's durch eine eigene Verbesserung ergänzt (Englisches Patent vom 11. Januar 1878), nämlich durch Zusatz von Kalksteinstaub am Schlusse der Operation, zugleich mit dem Péchiney'schen Sulfat, wodurch das Schwefelnatrium zerstört und in kohlensaures Natron umgesetzt wird, so daß noch reinere Laugen erfolgen und ein Carbonisiren derselben zu diesem Zwecke gar

nicht nöthig wird. Man erhält dadurch eine Soda, welche ebenso frei von Eisen und ebenso weiß ist als Ammoniaksoda, ohne irgend welche Mutterlaugen-Absonderung.

Ueber die Bedeutung des Péchiney'schen Verfahrens und die Bildung der Cyanverbindungen bei der Sodaschmelze überhaupt hat sich ein ziemlich hitziger Kampf zwischen Weldon und Mactear entsponnen. Zur Erinnerung sei erwähnt, daß Mactear statt des älteren Verfahrens (in dem rotirenden Ofen zuerst nur Kreide und Kohle zu erhitzen, bis sich etwas Aetzkalk gebildet hat und dann erst das Sulfat mit mehr Kohle zuzusetzen), die Materialien alle auf einmal eingiebt und am Schlusse der Operation einige Procent Aetzkalk zusetzt. (Vergl. dies. Jahrbuch 1878 Bd. 14, S. 416). Dadurch erreicht er es, ebenso wie das ältere Verfahren, daß die Rohsoda beim Auslaugen aufschwillt, porös wird und sich besser auswaschen läßt; aber sein Verfahren nimmt gegenüber dem älteren eine Reihe von Vorzügen in Anspruch, welche freilich von ihm sehr übertrieben worden sind (G. Lunge's Bericht darüber war auch günstiger, als er ihn jetzt abfassen würde), von denen jedoch wenigstens die Mehrproduction aus demselben Ofen und etwas, wenn auch nicht sehr viel, Ersparniß an Brennmaterial unleugbar vorhanden sind. Eine ganze Anzahl von Fabriken in England und eine oder zwei Fabriken in Frankreich führten dann auch das Mactear'sche Verfahren ein, aber die Mehrzahl verschmäht es und einige haben es wieder aufgegeben, weil die wirklich erreichten, hinter den Versprechungen stark zurückbleibenden Vortheile durch die schlechtere Qualität der Soda aufgewogen wurden, welche viel schwefelhaltiger, also schwächer und mißfarbiger als früher ist. Mactear behauptet nun, daß die Cyanverbindungen gerade erst gegen das Ende der Schmelzung auftreten, wenn die Temperatur höher ist, und daß mithin solche Verbindungen in um so größerer Menge gebildet werden, je höher die Temperatur im Sodaofen gehalten wird.

Weldon widerlegt die Mactear'schen Einwände in schlagender Weise und insbesondere beweisen die durch das Péchiney'sche Verfahren erzielten Erfolge die Unrichtigkeit der Mactear'schen Ansicht.

Péchiney's Verfahren erfordert durchaus keine besondere

Aufsicht und Geschicklichkeit. Es verwerthet das früher als Cyanid verlorene und das zuletzt als Sulfat zugesetzte Natron vollständig als Carbonat. Man braucht dabei auch nicht einmal mehr Kalkstein als bei dem Mactear'schen Verfahren; dabei fallen die Rohlaugen von viel größerer Reinheit als früher und ist nach Angabe zweier Fabriken über ein dreimonatliches Resultat das Ausbringen an nutzbarer Soda aus dem Sulfat entschieden größer als früher.

Die Vorgänge, welche bei der Zersetzung der aus Sodarückständen gewonnenen Schwefellaugen durch Salzsäure statt haben, hat G. Lunge[1]) einer Erörterung unterworfen. Die durch Oxydation der Sodarückstände an der Luft gewonnenen sogen. gelben Laugen oder Schwefellaugen werden bekanntlich nach zwei verschiedenen Methoden weiter behandelt, nämlich entweder in dem Schaffner'schen Doppelkesselapparat oder in der Mond'schen Zersetzungsbutte. Im ersteren Falle läßt man zunächst in die Schwefellaugen schweflige Säure eintreten, verwandelt dadurch alles Sulfid und Sulfhydrat in Hyposulfit und zersetzt dann das letztere durch Zusatz von Salzsäure, wobei Schwefel niederfällt, Chlorcalcium in Lösung bleibt und schweflige Säure entweicht, die eben dazu benutzt wird, um einen neuen Antheil von Schwefellaugen damit zu sättigen und seinerseits in Hyposulfite umzusetzen. Die dabei vor sich gehende Reaction wird von Schaffner, wie auch sonst fast allgemein, durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$CaS_2O_3 + 2\,HCl = CaCl_2 + S + SO_2 + H_2O \quad . \, . \; (1)$$

Mond dagegen zieht es vor, die Schwefellaugen, welche so nahe wie möglich 1 Mol. Hyposulfit auf 2 Mol. Sulfide enthalten sollen, direct mit der zu ihrer Zersetzung nöthigen Salzsäure in kleinen Portionen oder durch continuirliches Zusammentreffen der Flüssigkeiten in dem passenden Verhältnisse zu zersetzen, um folgende Gleichung zu verwirklichen:

$$2\,CaS + CaS_2O_3 + 6\,HCl = 3\,CaCl_2 + 4\,S + 3\,H_2O \quad . \, . \; (2)$$

Er wendet gegen Schaffner's Zersetzungsmethode ein, daß „im Widerspruche mit allgemein verbreiteten Ansichten nur sehr geringe Mengen von Schwefligsäure durch den zweiten Theil dieser Methode erhalten werden können, indem sich anstatt der-

1) Dingler pol. Journ. 1878, Bd. 228, S. 252.

selben große Mengen Schwefelsäuresalz bilden. Unterschwefligsaurer Kalk und Salzsäure bilden zunächst Schwefel und Trithionsäuresalz, und letzteres zersetzt sich dann in Schwefel, Schwefelsäuresalz und Schwefligsäure."

Wenn Mond's Ansicht richtig wäre, so müßten also folgende Reactionen eintreten:

$$5\,CaS_2O_3 + 6\,HCl = 3\,CaCl_2 + 2\,CaS_3O_6 + 4\,S + 3\,H_2O \quad (3)$$

$$3\,CaS_3O_6 + 4\,HCl = CaSO_4 + 2\,CaCl_2 + 6\,SO_2 + 2\,S + 2\,H_2O \quad (4)$$

Die in der Gleichung 4 freiwerdende SO_2 verwandelt einen neuen Antheil noch unzersetzten Hyposulfits in Trithionat nach der bekannten Gleichung:

$$2\,CaS_2O_3 + 3\,SO_2 = 2\,CaS_3O_6 + S \quad (5)$$

Das neu gebildete Trithionat zersetzt sich wieder nach der Gleichung 4 und so geht es fort, sodaß man neben Schwefel viel Calciumsulfat, aber wenig schweflige Säure erhalten würde.

Den Ansichten von Mond widerspricht Schaffner. Wenn man nach ihm genügende Mengen von Salzsäure anwendet, so zerfällt der unterschwefligsaure Kalk vollständig in schweflige Säure, Schwefel, Wasser und Chlorcalcium (Gleichung 1). Gekocht wird natürlich bei der Zersetzung nicht; erst wenn die Zersetzung beendigt ist, wird die schweflige Säure, die von der Flüssigkeit absorbirt ist, durch Erwärmen mit Dampf vollständig ausgetrieben. — Schaffner schreibt die in dem gefällten Schwefel stets bemerkte Anwesenheit von Gyps allein auf Rechnung des Schwefelsäuregehaltes der zur Zersetzung benutzten Salzsäure. Wendet man reine Salzsäure an, so ist Schaffner's Beobachtung zufolge der erhaltene Schwefel ganz gypsfrei.

Die von Lunge ausgeführten Versuche, bezüglich deren Details auf die Originalabhandlung verwiesen werden möge, haben nun ergeben, daß die Bildung von Trithionsäure und infolge dessen später eine Entstehung von Gyps allerdings eintritt, sofern die Lauge unvollständig mit Salzsäure gesättigt wird und die hierbei entwickelte schweflige Säure Gelegenheit findet, nach Gleichung 5 auf das unveränderte Hyposulfit einzuwirken. Lunge überzeugte sich jedoch zugleich, daß die Entstehung von Trithionat aus Hyposulfit und schwefliger Säure nach der angeführten Gleichung keineswegs augenblicklich, sondern erst bei längerer Einwirkung der Reagentien aufeinander

vor sich geht. Da nun aber gerade jene Bedingung, nämlich die unvollständige Sättigung mit Salzsäure, im Schaffner'schen Apparate nicht statt findet und da die etwa temporäre unvollständige Sättigung, welche im Großen wegen des nothwendiger Weise allmählichen Zusatzes der Salzsäure nicht ganz zu vermeiden ist, infolge des langsamen Fortschreitens der Reaction nach Gleichung 5 noch nicht zu merklicher Trithionsäurebildung führt, so gelangt Lunge zu dem Schluß, daß der dem Schaffner'schen Doppelkessel gemachte Vorwurf „man erleide bei Anwendung desselben einen Verlust an Schwefel infolge der Bildung von Trithionsäure und darauf von Calciumsulfat" als durchaus unbegründet zurückzuweisen sei. Allerdings muß man bei Ausführung des Schaffner'schen Ausfällungsverfahrens, wie Schaffner selbst betont, die Salzsäure in genügender Menge und möglichst rasch hintereinander zusetzen und hat die Flüssigkeit erst nach vollständigem Zusatze der Salzsäure zum Sieden zu erhitzen.

Wenn trotzdem manche Fabrik, die sich früher des Schaffner'schen Verfahrens bedient, nachträglich das Mond'sche adoptirt hat, und wenn Schaffner selbst seinen Doppelkessel in neuester Zeit aufgegeben hat und zu einem dem Mond'schen ähnlichen Zersetzungsverfahren übergegangen ist, so hat dies nur darin seinen Grund, daß der Doppelkesselapparat bei einem sehr umfangreichen Betriebe zuviel Arbeitslohn in Anspruch nimmt und die Ueberwachung desselben mühsamer ist als die des Büttenfällungsapparates. Schaffner hält noch heute daran fest, daß in seinem älteren Apparate die Operation besser vor sich gehe.

Darüber, ob das neuere Schaffner-Helbig'sche Verfahren der Regenerirung von Schwefel aus Sodarückständen, welches im vorigen Jahrgange dieses Jahrbuches, S. 290 beschrieben wurde, sich bereits soweit in der Praxis bewährt hat, daß es einer allgemeinen Einführung in den Sodafabriken entgegengeht, liegen Mittheilungen nicht vor. Doch haben Stingl und Morawski[1]) den Verlauf der jenem Verfahren zu Grunde liegenden Reactionen einer ausführlichen Untersuchung unterworfen, auf welche wir in einem späteren

1) Journal f. prakt. Chemie, Bd. 20. S. 76.

Bande dieses Jahrbuches zurückzukommen Veranlassung haben werden.

Kalium.

Potasche. — Ueber die Fabrikation der Potasche nach Leblanc's Verfahren hat A. Blügel[1]) einen sehr ausführlichen Bericht geliefert. Die Umstände, welche dieselbe etwas verschieden von der Sodafabrikation nach demselben Verfahren gestatten, sind: 1) Der erheblich höhere Preis des Rohmaterials, des Chlorkaliums; 2) die größere Flüchtigkeit der Kaliumverbindungen in der Hitze; 3) die Schwerlöslichkeit des Kaliumsulfats in concentrirten Kaliumcarbonatlaugen; 4) der Umstand, daß keine Mutterlaugen entstehen, man vielmehr das ganze Product in Form eines hochgradigen weißen Salzes zu erhalten suchen muß. — Als Rohmaterial verwendet man 1) 96—99 Proc. KCl enthaltendes Chlorkalium aus Staßfurter Abraumsalzen, möglichst frei von Chlornatrium (1/2—1 1/2 Proc.); 2) Chlorkalium von der Schlempekohlen-Verarbeitung (Nebenproduct) mit wenig Natrium- und 10—12 Proc. Kaliumsulfat; 3) Schwefelsaures Kalium aus derselben Quelle (dasselbe enthält gewöhnlich Cyanverbindungen); 4) Schwefelsaures Kalium aus Staßfurter Kalisalzen (durch Laugeverfahren erhalten); dieses wird zukünftig voraussichtlich größere Bedeutung gewinnen. Die Umsetzung des Chlorkaliums in Sulfat sucht man wegen des hohen Preises des ersteren möglichst vollständig zu bewirken, selbst auf Kosten eines größeren Verbrauches an Schwefelsäure. Der Vorgang erfordert außerdem eine höhere Temperatur und die Gußeisen- und Chamottetheile des Ofens werden stärker angegriffen. Man arbeitet daher meistens in Flammöfen und wendet zur Zersetzung des Chlorkaliums heiße, etwa 60 grädige Schwefelsäure an. Der mechanische Ofen von Jones und Walsh (dieses Jahrbuch 1878 Bd. 14, S. 413), welcher erst in einer deutschen Potaschefabrik eingeführt ist (bei Vorster und Grüneberg in Kalk bei Deutz) leidet an häufigeren Betriebsstörungen und Reparaturen, ist aber sonst, was Condensation der Salzsäure, Ausbeute an starker Salzsäure, Brennmaterial- und -Säureverbrauch und Beschaffenheit des Productes betrifft,

1) Zeitschrift für das chemische Großgewerbe, 1879, Bd. 4, S. 139 im Auszuge aus Dingler pol. Journ. 1879, Bd. 233, S. 53 u. 145.

Aufsicht und Geschicklichkeit. Es verwerthet das früher als Cyanid verlorene und das zuletzt als Sulfat zugesetzte Natron vollständig als Carbonat. Man braucht dabei auch nicht einmal mehr Kalkstein als bei dem Mactear'schen Verfahren; dabei fallen die Rohlaugen von viel größerer Reinheit als früher und ist nach Angabe zweier Fabriken über ein dreimonatliches Resultat das Ausbringen an nutzbarer Soda aus dem Sulfat entschieden größer als früher.

Die Vorgänge, welche bei der Zersetzung der aus Sodarückständen gewonnenen Schwefellaugen durch Salzsäure statt haben, hat G. *Lunge*[1]) einer Erörterung unterworfen. Die durch Oxydation der Sodarückstände an der Luft gewonnenen sogen. gelben Laugen oder Schwefellaugen werden bekanntlich nach zwei verschiedenen Methoden weiter behandelt, nämlich entweder in dem Schaffner'schen Doppelkesselapparat oder in der Mond'schen Zersetzungsbutte. Im ersteren Falle läßt man zunächst in die Schwefellaugen schweflige Säure eintreten, verwandelt dadurch alles Sulfid und Sulfhy-


drat in Hyposulfit und zersetzt dann das letztere durch Zusatz
von Salzsäure, wobei [illegible]wefel niederfällt, Chlorcalcium in
Lösung bleibt und [illegible] Säure entweicht, die eben dazu
benutzt wird, um e[illegible]theil von Schwefellaugen damit
zu [illegible]osulfite umzusetzen. Die dabei
vor[illegible] von Schaffner, wie auch sonst
fast[illegible]leichun[illegible]drückt:
[illegible] H_2O . . (1)
[illegible]elche so nahe
[illegible]e enthalten
[illegible]n Salzsäure
[illegible] Zusammen-
[illegible]tnisse zu zer-
[illegible] H_2O . . (2)
[illegible]ein, daß „im
[illegible]en nur sehr
[illegible]zweiten Theil
[illegible]ch anstatt der-

selben große Mengen Schwefelsäuresalz bilden. Unterschwefligsaurer Kalk und Salzsäure bilden zunächst Schwefel und Trithionsäuresalz, und letzteres zersetzt sich dann in Schwefel, Schwefelsäuresalz und Schwefligsäure."

Wenn Mond's Ansicht richtig wäre, so müßten also folgende Reactionen eintreten:

$$5\,CaS_2O_3 + 6\,HCl = 3\,CaCl_2 + 2\,CaS_3O_6 + 4\,S + 3\,H_2O \quad (3)$$

$$3\,CaS_3O_6 + 4\,HCl = CaSO_4 + 2\,CaCl_2 + 6\,SO_2 + 2\,S + 2\,H_2O \quad (4)$$

Die in der Gleichung 4 freiwerdende SO_2 verwandelt einen neuen Antheil noch unzersetzten Hyposulfits in Trithionat nach der bekannten Gleichung:

$$2\,CaS_2O_3 + 3\,SO_2 = 2\,CaS_3O_6 + S \quad (5)$$

Das neu gebildete Trithionat zersetzt sich wieder nach der Gleichung 4 und so geht es fort, sodaß man neben Schwefel viel Calciumsulfat, aber wenig schweflige Säure erhalten würde.

Den Ansichten von Mond widerspricht Schaffner. Wenn man nach ihm genügende Mengen von Salzsäure anwendet, so zerfällt der unterschwefligsaure Kalk vollständig in schweflige Säure, Schwefel, Wasser und Chlorcalcium (Gleichung 1). Gekocht wird natürlich bei der Zersetzung nicht; erst wenn die Zersetzung beendigt ist, wird die schweflige Säure, die von der Flüssigkeit absorbirt ist, durch Erwärmen mit Dampf vollständig ausgetrieben. — Schaffner schreibt die in dem gefällten Schwefel stets bemerkte Anwesenheit von Gyps allein auf Rechnung des Schwefelsäuregehaltes der zur Zersetzung benutzten Salzsäure. Wendet man reine Salzsäure an, so ist Schaffner's Beobachtung zufolge der erhaltene Schwefel ganz gypsfrei.

Die von Lunge ausgeführten Versuche, bezüglich deren Details auf die Originalabhandlung verwiesen werden möge, haben nun ergeben, daß die Bildung von Trithionsäure und infolge dessen später eine Entstehung von Gyps allerdings eintritt, sofern die Lauge unvollständig mit Salzsäure gesättigt wird und die hierbei entwickelte schweflige Säure Gelegenheit findet, nach Gleichung 5 auf das unveränderte Hyposulfit einzuwirken. Lunge überzeugte sich jedoch zugleich, daß die Entstehung von Trithionat aus Hyposulfit und schwefliger Säure nach der angeführten Gleichung keineswegs augenblicklich, sondern erst bei längerer Einwirkung der Reagentien aufeinander

Luft hindurch, so treten bald Nitrate auf. Gleichzeitig bilden sich längliche Organismen, welche den Bacterien sehr verwandt sind, sich aber durch Knospenbildung vermehren, häufig in Form zweier länglicher oder runder, an einander gereihter Zellen auftreten und bei 100° rasch getödtet werden.

Wie bei allen durch Organismen hervorgerufenen Processen ist auch hier die Temperatur von großem Einfluß auf die Salpeterbildung. Ueber 5° ist sie fast Null; erst bei 12° wird sie merklich, um bei 37° ihren Höhepunkt zu erreichen und bei 55° völlig zu erlöschen.

Sehr wesentlich ist der Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes, eine Bedingung, die im lockeren Boden am vollkommensten erreicht wird. Bei Flüssigkeiten steht dem entsprechend, unter sonst gleichen Bedingungen, die Menge des gebildeten Salpeters im directen Verhältniß zur Ausdehnung der Oberfläche. Eine fernere Bedingung für die Salpeterbildung ist ein gewisser Feuchtigkeitsgrad des Bodens. Trocknet die Erde aus, so werden die Organismen getödtet, die Salpeterbildung gehemmt; zu große Feuchtigkeit hindert den Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes. Erforderlich ist auch eine schwach alkalische Reaction; doch hemmt bereits ein Gehalt von 0,3 Proc. kohlensaures Alkali die Salpeterbildung.

Unbedingt erforderlich für die Lebensthätigkeit der Salpeter bildenden Organismen sind organische Stoffe; doch entwickeln sich in einem Boden, welcher besonders reich an diesem ist, Mucor-Arten, welche die genannten Organismen tödten und so die Salpeterbildung hindern.

Bei niederen Temperaturen und mangelhaftem Luftzutritt bilden sich vorwiegend salpetrigsaure Verbindungen.

Kohlenstoff.

Die künstliche Bildung von Diamanten ist von J. B. Hannay[1]) beobachtet worden. Bei seinen Untersuchungen über die Löslichkeit von festen Körpern in Gasen oberhalb der kritischen Temperatur hatte derselbe bemerkt, daß verschiedene Substanzen, die bei gewöhnlicher Temperatur unlöslich sind,

1) Beiblätter zu den Ann. der Phys. u. Chem. 1880, Bd. IV, S. 255.

bei hoher Temperatur und unter hohem Druck im Wasserdampf eine sehr beträchtliche Löslichkeit zeigen. Die Vermuthung, vielleicht so auch ein Lösungsmittel für Kohlenstoff gefunden zu haben, bestätigte sich zunächst nicht; wurde jedoch ein Kohlenwasserstoff in Gegenwart eines Metalls (besonders Magnesium) denselben Bedingungen unterworfen, so verband sich der Wasserstoff mit dem Metall und der Kohlenstoff wurde ausgeschieden und zwar beim Vorhandensein einer stickstoffhaltigen Verbindung in der hellen durchscheinenden Form des Diamanten. Die Eigenschaften des so erhaltenen krystallinischen Kohlenstoffs in Bezug auf Härte, Verhalten in polarisirtem Licht, Krystallform, sind die des Diamants, eine Verbrennungsanalyse gab 97,85 Proc. Kohlenstoff; das specifische Gewicht wurde zu 3,5 bestimmt.

Ueber Graphitbildung durch Zersetzung von Cyanverbindungen schreibt Falheim[1]) (chemische Fabrik Griesheim bei Frankfurt a. M.) Folgendes:

Nach R. Pauli rührt der Graphit, welcher bei der Darstellung von Aetznatron aus beim Leblanc-Verfahren erhaltenen Mutterlaugen auftritt, von der Zerstörung der Cyanverbindungen, namentlich des Ferrocyannatriums her (vergl. dies. Jahrb. Bd. 12 S. 324). Bei der Darstellung des Aetznatron's aus Rohlaugen indessen gelangen die concentrirten Laugen häufig frei von Ferrocyannatrium in die Schmelzkessel; gleichwohl findet stets Graphitabscheidung statt. Nimmt man aber die Eindampfung der Lauge und die Oxydation der Schwefelverbindungen in einem silbernen Gefäß vor, so scheidet sich kein Graphit ab, auch wenn vorher eine Lösung von Ferrocyankalium zugesetzt worden ist. Die Schmelze löst sich klar in Salpetersäure, meist auch in Salzsäure, es findet also auch keine Ausscheidung von amorphem Kohlenstoff statt. Andererseits ist es bekannt, daß die aus grauem Gußeisen bestehenden Schmelzkessel stark angegriffen werden.

In einem Kessel von 10 Tonnen Inhalt der ungefähr 6 Tonnen wiegt und bis 240 Kilo (4 Procent) Graphit enthalten kann, stellt man nach Lunge im günstigen Falle 700 Tonnen Aetznatron dar. Dann hat der Kessel entweder ein

1) Die chemische Industrie 1880, S. 52.

Loch, oder er ist an einzelnen Stellen so dünn geworden, daß eine weitere Benutzung nicht räthlich erscheint.

Der Graphit dürfte demnach ausschließlich aus dem gelösten Gußeisen herstammen. Das scheinbar plötzliche Auftreten desselben beim Eintragen des Salpeters in die rothglühende Masse, welches Pauli hauptsächlich zu seiner Ansicht veranlaßt zu haben scheint, rührt nach Falheim von der eintretenden Gasentwicklung her, die den specifisch nur wenig schweren Graphit an die Oberfläche des geschmolzenen Aetznatron's reißt, wo er eine Zeit lang bleibt, weil er von diesem, wie von Wasser nicht benetzt wird.

Bor.

Die Entstehung der Borsäure in den toskanischen Maremmen geschieht nach der Hypothese von Bechi[1]) in nachstehender Art: Der ophiolitische Serpentin, dessen Kette in Mittelitalien mit der Längenausdehnung der Soffioni parallel läuft, enthält Borsäure, wahrscheinlich als Magnesiumborosilicat, ferner Schwefelkies, Chalkopyrit und etwa 0,01 Proc. Stickstoff. Wird das Gestein in einer kleinen, eisernen Gasretorte in kohlensäurehaltigem Wasserdampf auf 300° erhitzt und werden die Dämpfe in ein größeres Wasserbassin geleitet, so beobachtet man geradezu dieselben Erscheinungen wie bei den Soffioni. Das Wasser enthält Borsäure und Ammoniaksalze, es wird durch ausgeschiedenen Schwefel milchig getrübt, während reichlich Schwefelwasserstoff entweicht. Verf. glaubt, daß die Annahme einer sehr langsamen Zersetzung der Serpentine durch Wasserdampf die zur Erklärung der Erscheinungen der Borsäure-Soffioni angemessenste Hypothese abgäbe.

Silicium.

Verflüssigung des Siliciumwasserstoffs von H. Ogier[2]). Für dieses Experiment wurde der Apparat von Cailletet benutzt. Bei gewöhnlicher Temperatur verflüssigt sich Siliciumwasserstoff nicht, auch nicht unter einem Druck von 200 bis 300 Atmosphären. Durch rasche Expansion bei

1) Wagner, Jahresbericht 1879, S. 352.

2) Bericht d. deutsch. chem. Ges. 1879, Bd. 12, S. 668 u. Compt. rend., t. 88, p. 236.

50 Atmosphären Druck bildet sich ein dichter Nebel in der Röhre und findet Verdichtung einer Flüssigkeit auf den Wänden der Röhre statt. Der Siliciumwasserstoff ist bei — 110° unter einem Druck von 50 Atmosphären, bei — 5° unter 70 Atmosphären, bei —10° unter 100 Atmosphären Druck flüssig.

Ein krystallisirtes Hydrat der Kieselfluorwasserstoffsäure. Beim Einleiten von Fluorsilicium in concentrirte Flußsäure behufs Darstellung der Kieselflußsäure entstehen nach Kessler [1]) bei niederer Temperatur und genügender Concentration Krystalle, anscheinend von der Zusammensetzung $H_2SiF_6 + 2H_2O$, die äußerst hygroskopisch sind, bei 19° schmelzen, oberhalb des Schmelzpunktes sich zum Theil in HF und SiF_4 zersetzen, an der Luft dicke Nebel bilden und sehr hart sind.

Natrium.

Soda. — Unter den Fortschritten, welche das Leblanc'sche Verfahren der Sodafabrication im Laufe der beiden letzten Jahre gemacht hat, ist vor Allem eine Modification dieses Verfahrens zu erwähnen, welche sich A. R. Péchiney (Besitzer der großen Sodafabrik zu Salindres bei Alais) patentiren ließ (D. R. P. No. 3591 v. 20. Juni 1878; E. P. v. 24. Dec. 1877 u. 11. Januar 1878). Einem Berichte von G. Lunge [2]) über das Péchiney'sche Patent entnehmen wir Folgendes.

Schon längst war es bekannt, daß bei der Sodaschmelzung Cyannatrium gebildet wird und daß dieses eines der wichtigsten Hindernisse dafür abgiebt, aus den Rohlaugen durch einfaches Eindampfen sofort weißes Sodasalz zu erzeugen; das Cyannatrium muß nämlich in Ferrocyannatrium übergehen, so daß es bis zuletzt darin bleibt. Beim Calciniren geht es dann in Eisenoxyd über, welches der Soda eine gelbe Farbe mittheilt. Allerdings kommt Eisen auch sonst in die Soda, namentlich durch Vermittlung von Schwefelnatrium; aber das als Schwefeleisennatrium vorhandene Eisen läßt sich durch verschiedene Manipulationen aus den Laugen entfernen, namentlich durch das „Carbonisiren" derselben. Versuche zur Beseitigung

1) Comptes rendus, t. 90, p. 1285 u. Berichte d. deutsch. chem. Ges. 1880, Bd. 19, S. 1353.
2) Dingler pol. Journ. 1879, Bd. 231, S. 337.

auch des Ferrocyannatriums von Gossage (durch Krystallisation) und Williamson (durch Erhitzen der Laugen unter Druck) waren fehlgeschlagen, und man war dabei stehen geblieben, nur einen Theil der Soda als reinere Waare auszusoggen, aus den Mutterlaugen dagegen, wenn sie nicht auf Aetznatron verarbeitet wurden, nur ein mißfarbiges Sodasalz zu gewinnen. Ueberhaupt wurden die Cyanverbindungen in der Sodarohlauge wenig beachtet, bis eben Péchiney wieder von neuem darauf hinwies.

Das Verfahren von Péchiney fußt darauf, daß die Cyanverbindungen im Sodaofen nur gegen das Ende der Schmelze gebildet werden, wenn das Sulfat schon fast ganz zersetzt ist, und daß ihre Bildung auch bei niedriger Temperatur stärker als bei höherer ist; sein Mittel gegen ihre Bildung beruht nun darauf, daß man die Schmelzung bei möglichst hoher Temperatur ausführen, und daß man zuletzt eine frische Menge Natriumsulfat zusetzen müsse, welche etwa gebildetes Cyanid zerstört und jedenfalls durch die noch vorhandenen Mischungsmaterialien selbst noch in kohlensaures Natron umgesetzt wird. Nach Lunge könnte man den Vorgang durch folgende Gleichung ausdrücken

$$Na_2SO_4 + 2\,NaCN = Na_2S + Na_2CO_3 + CO + 2N.$$

Das gebildete Na_2S wird dann durch vorhandenen $CaCO_3$ in Na_2CO_3 verwandelt. Auch betont Péchiney es, allerdings nicht als unerläßlich für diesen speciellen Zweck, daß man mit einem Minimum von Mischungskohle arbeiten und die erforderliche hohe Temperatur des Sodaofens, sowie die Abdampfung der Laugen durch die Herdfeuerung allein zu erreichen suchen müsse. Wenn man nach seinen Vorschriften arbeitet, so fällt die Rohlauge ganz frei von Cyannatrium oder Ferrocyannatrium aus, und man kann aus ihr direct Krystallsoda oder auch ganz weißes Sodasalz herstellen, ohne irgend welche Mutterlaugen aushalten zu müssen.

W. Weldon hat das in Rede stehende Verfahren Péchiney's durch eine eigene Verbesserung ergänzt (Englisches Patent vom 11. Januar 1878), nämlich durch Zusatz von Kalksteinstaub am Schlusse der Operation, zugleich mit dem Péchiney'schen Sulfat, wodurch das Schwefelnatrium zerstört und in kohlensaures Natron umgesetzt wird, so daß noch reinere Laugen erfolgen und ein Carbonisiren derselben zu diesem Zwecke gar

nicht nöthig wird. Man erhält dadurch eine Soda, welche ebenso frei von Eisen und ebenso weiß ist als Ammoniaksoda, ohne irgend welche Mutterlaugen-Absonderung.

Ueber die Bedeutung des Péchiney'schen Verfahrens und die Bildung der Cyanverbindungen bei der Sodaschmelze überhaupt hat sich ein ziemlich hitziger Kampf zwischen Weldon und Mactear entsponnen. Zur Erinnerung sei erwähnt, daß Mactear statt des älteren Verfahrens (in dem rotirenden Ofen zuerst nur Kreide und Kohle zu erhitzen, bis sich etwas Aetzkalk gebildet hat und dann erst das Sulfat mit mehr Kohle zuzusetzen), die Materialien alle auf einmal eingiebt und am Schlusse der Operation einige Procent Aetzkalk zusetzt. (Vergl. dies. Jahrbuch 1878 Bd. 14, S. 416). Dadurch erreicht er es, ebenso wie das ältere Verfahren, daß die Rohsoda beim Auslaugen aufschwillt, porös wird und sich besser auswaschen läßt; aber sein Verfahren nimmt gegenüber dem älteren eine Reihe von Vorzügen in Anspruch, welche freilich von ihm sehr übertrieben worden sind (G. Lunge's Bericht darüber war auch günstiger, als er ihn jetzt abfassen würde), von denen jedoch wenigstens die Mehrproduction aus demselben Ofen und etwas, wenn auch nicht sehr viel, Ersparniß an Brennmaterial unleugbar vorhanden sind. Eine ganze Anzahl von Fabriken in England und eine oder zwei Fabriken in Frankreich führten dann auch das Mactear'sche Verfahren ein, aber die Mehrzahl verschmäht es und einige haben es wieder aufgegeben, weil die wirklich erreichten, hinter den Versprechungen stark zurückbleibenden Vortheile durch die schlechtere Qualität der Soda aufgewogen wurden, welche viel schwefelhaltiger, also schwächer und mißfarbiger als früher ist. Mactear behauptet nun, daß die Cyanverbindungen gerade erst gegen das Ende der Schmelzung auftreten, wenn die Temperatur höher ist, und daß mithin solche Verbindungen in um so größerer Menge gebildet werden, je höher die Temperatur im Sodaofen gehalten wird.

Weldon widerlegt die Mactear'schen Einwände in schlagender Weise und insbesondere beweisen die durch das Péchiney'sche Verfahren erzielten Erfolge die Unrichtigkeit der Mactear'schen Ansicht.

Péchiney's Verfahren erfordert durchaus keine besondere

Aufsicht und Geschicklichkeit. Es verwerthet das früher als Cyanid verlorene und das zuletzt als Sulfat zugesetzte Natron vollständig als Carbonat. Man braucht dabei auch nicht einmal mehr Kalkstein als bei dem Mactear'schen Verfahren; dabei fallen die Rohlaugen von viel größerer Reinheit als früher und ist nach Angabe zweier Fabriken über ein dreimonatliches Resultat das Ausbringen an nutzbarer Soda aus dem Sulfat entschieden größer als früher.

Die Vorgänge, welche bei der Zersetzung der aus Sodarückständen gewonnenen Schwefellaugen durch Salzsäure statt haben, hat G. Lunge[1]) einer Erörterung unterworfen. Die durch Oxydation der Sodarückstände an der Luft gewonnenen sogen. gelben Laugen oder Schwefellaugen werden bekanntlich nach zwei verschiedenen Methoden weiter behandelt, nämlich entweder in dem Schaffner'schen Doppelkesselapparat oder in der Mond'schen Zersetzungsbutte. Im ersteren Falle läßt man zunächst in die Schwefellaugen schweflige Säure eintreten, verwandelt dadurch alles Sulfid und Sulfhydrat in Hyposulfit und zersetzt dann das letztere durch Zusatz von Salzsäure, wobei Schwefel niederfällt, Chlorcalcium in Lösung bleibt und schweflige Säure entweicht, die eben dazu benutzt wird, um einen neuen Antheil von Schwefellaugen damit zu sättigen und seinerseits in Hyposulfite umzusetzen. Die dabei vor sich gehende Reaction wird von Schaffner, wie auch sonst fast allgemein, durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$CaS_2O_3 + 2\,HCl = CaCl_2 + S + SO_2 + H_2O \quad . \; . \; (1)$$

Mond dagegen zieht es vor, die Schwefellaugen, welche so nahe wie möglich 1 Mol. Hyposulfit auf 2 Mol. Sulfide enthalten sollen, direct mit der zu ihrer Zersetzung nöthigen Salzsäure in kleinen Portionen oder durch continuirliches Zusammentreffen der Flüssigkeiten in dem passenden Verhältnisse zu zersetzen, um folgende Gleichung zu verwirklichen:

$$2\,CaS + CaS_2O_3 + 6\,HCl = 3\,CaCl_2 + 4\,S + 3\,H_2O \quad . \; . \; (2)$$

Er wendet gegen Schaffner's Zersetzungsmethode ein, daß „im Widerspruche mit allgemein verbreiteten Ansichten nur sehr geringe Mengen von Schwefligsäure durch den zweiten Theil dieser Methode erhalten werden können, indem sich anstatt der-

1) Dingler pol. Journ. 1878, Bd. 228, S. 252.

selben große Mengen Schwefelsäuresalz bilden. Unterschwefligsaurer Kalk und Salzsäure bilden zunächst Schwefel und Trithionsäuresalz, und letzteres zersetzt sich dann in Schwefel, Schwefelsäuresalz und Schwefligsäure."

Wenn Mond's Ansicht richtig wäre, so müßten also folgende Reactionen eintreten:

$$5\,CaS_2O_3 + 6\,HCl = 3\,CaCl_2 + 2\,CaS_3O_6 + 4\,S + 3\,H_2O \quad (3)$$

$$3\,CaS_3O_6 + 4\,HCl = CaSO_4 + 2\,CaCl_2 + 6\,SO_2 + 2\,S + 2\,H_2O \quad (4)$$

Die in der Gleichung 4 freiwerdende SO_2 verwandelt einen neuen Antheil noch unzersetzten Hyposulfits in Trithionat nach der bekannten Gleichung:

$$2\,CaS_2O_3 + 3\,SO_2 = 2\,CaS_3O_6 + S \quad (5)$$

Das neu gebildete Trithionat zersetzt sich wieder nach der Gleichung 4 und so geht es fort, sodaß man neben Schwefel viel Calciumsulfat, aber wenig schweflige Säure erhalten würde.

Den Ansichten von Mond widerspricht Schaffner. Wenn man nach ihm genügende Mengen von Salzsäure anwendet, so zerfällt der unterschwefligsaure Kalk vollständig in schweflige Säure, Schwefel, Wasser und Chlorcalcium (Gleichung 1). Gekocht wird natürlich bei der Zersetzung nicht; erst wenn die Zersetzung beendigt ist, wird die schweflige Säure, die von der Flüssigkeit absorbirt ist, durch Erwärmen mit Dampf vollständig ausgetrieben. — Schaffner schreibt die in dem gefällten Schwefel stets bemerkte Anwesenheit von Gyps allein auf Rechnung des Schwefelsäuregehaltes der zur Zersetzung benutzten Salzsäure. Wendet man reine Salzsäure an, so ist Schaffner's Beobachtung zufolge der erhaltene Schwefel ganz gypsfrei.

Die von Lunge ausgeführten Versuche, bezüglich deren Details auf die Originalabhandlung verwiesen werden möge, haben nun ergeben, daß die Bildung von Trithionsäure und infolge dessen später eine Entstehung von Gyps allerdings eintritt, sofern die Lauge unvollständig mit Salzsäure gesättigt wird und die hierbei entwickelte schweflige Säure Gelegenheit findet, nach Gleichung 5 auf das unveränderte Hyposulfit einzuwirken. Lunge überzeugte sich jedoch zugleich, daß die Entstehung von Trithionat aus Hyposulfit und schwefliger Säure nach der angeführten Gleichung keineswegs augenblicklich, sondern erst bei längerer Einwirkung der Reagentien aufeinander

[illegible]

Wenn trotzdem manche Fabrik, die sich früher des Schaffner'schen Verfahrens bedient, nachträglich das Mond'sche adoptirt hat, und wenn Schaffner selbst seinen Doppelkessel in neuerer Zeit aufgegeben hat und zu einem dem Mond'schen ähnlichen Verfahren übergegangen ist, so hat dies nur darin seinen [illegible], daß der Doppelkesselapparat bei einem sehr umfangreichen [illegible] Betriebe zuviel Arbeitslohn in Anspruch nimmt und [illegible] Überwachung desselben mühsamer ist als die des [illegible] Apparates. Schaffner hält noch heute daran [illegible] dem älteren Apparate die Operation sicherer vor [illegible]

[illegible] ob das neuere Schaffner-Helbig'sche Ver-[illegible] Regenerirung [illegible] Schwefel aus Soda-[illegible] welches im vorigen [illegible] dieses Jahrbuches, [illegible] wurde, [illegible] soweit in der Praxis [illegible] daß es [illegible] Einführung in den [illegible] entgegengesetzte [illegible] Mittheilungen nicht vor. [illegible] Stingl [illegible] den Verlauf der jenem [illegible] Gründe [illegible] einer ausführlichen [illegible] wir in einem späteren

[illegible], S. 76.

Bande dieses Jahrbuches zurückzukommen Veranlassung haben werden.

Kalium.

Potasche. — Ueber die Fabrikation der Potasche nach Leblanc's Verfahren hat A. Blügel[1]) einen sehr ausführlichen Bericht geliefert. Die Umstände, welche dieselbe etwas verschieden von der Sodafabrikation nach demselben Verfahren gestatten, sind: 1) Der erheblich höhere Preis des Rohmaterials, des Chlorkaliums; 2) die größere Flüchtigkeit der Kaliumverbindungen in der Hitze; 3) die Schwerlöslichkeit des Kaliumsulfats in concentrirten Kaliumcarbonatlaugen; 4) der Umstand, daß keine Mutterlaugen entstehen, man vielmehr das ganze Product in Form eines hochgradigen weißen Salzes zu erhalten suchen muß. — Als Rohmaterial verwendet man 1) 96—99 Proc. KCl enthaltendes Chlorkalium aus Staßfurter Abraumsalzen, möglichst frei von Chlornatrium (1/2—1 1/2 Proc.); 2) Chlorkalium von der Schlempekohlen-Verarbeitung (Nebenproduct) mit wenig Natrium- und 10—12 Proc. Kaliumsulfat; 3) Schwefelsaures Kalium aus derselben Quelle (dasselbe enthält gewöhnlich Cyanverbindungen); 4) Schwefelsaures Kalium aus Staßfurter Kalisalzen (durch Laugeverfahren erhalten); dieses wird zukünftig voraussichtlich größere Bedeutung gewinnen. Die Umsetzung des Chlorkaliums in Sulfat sucht man wegen des hohen Preises des ersteren möglichst vollständig zu bewirken, selbst auf Kosten eines größeren Verbrauches an Schwefelsäure. Der Vorgang erfordert außerdem eine höhere Temperatur und die Gußeisen- und Chamottetheile des Ofens werden stärker angegriffen. Man arbeitet daher meistens in Flammöfen und wendet zur Zersetzung des Chlorkaliums heiße, etwa 60 grädige Schwefelsäure an. Der mechanische Ofen von Jones und Walsh (dieses Jahrbuch 1878 Bd. 14, S. 413), welcher erst in einer deutschen Potaschefabrik eingeführt ist (bei Vorster und Grüneberg in Kalk bei Deutz) leidet an häufigeren Betriebsstörungen und Reparaturen, ist aber sonst, was Condensation der Salzsäure, Ausbeute an starker Salzsäure, Brennmaterial- und -Säureverbrauch und Beschaffenheit des Productes betrifft,

1) Zeitschrift für das chemische Großgewerbe, 1879, Bd. 4, S. 139 im Auszuge aus Dingler pol. Journ. 1879, Bd. 233, S. 53 u. 145.

Luft hindurch, so treten bald Nitrate auf. Gleichzeitig bilden sich längliche Organismen, welche den Bacterien sehr verwandt sind, sich aber durch Knospenbildung vermehren, häufig in Form zweier länglicher oder runder, an einander gereihter Zellen auftreten und bei 100° rasch getödtet werden.

Wie bei allen durch Organismen hervorgerufenen Processen ist auch hier die Temperatur von großem Einfluß auf die Salpeterbildung. Ueber 5° ist sie fast Null; erst bei 12° wird sie merklich, um bei 37° ihren Höhepunkt zu erreichen und bei 55° völlig zu erlöschen.

Sehr wesentlich ist der Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes, eine Bedingung, die im lockeren Boden am vollkommensten erreicht wird. Bei Flüssigkeiten steht dem entsprechend, unter sonst gleichen Bedingungen, die Menge des gebildeten Salpeters im directen Verhältniß zur Ausdehnung der Oberfläche. Eine fernere Bedingung für die Salpeterbildung ist ein gewisser Feuchtigkeitsgrad des Bodens. Trocknet die Erde aus, so werden die Organismen getödtet, die Salpeterbildung gehemmt; zu große Feuchtigkeit hindert den Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffes. Erforderlich ist auch eine schwach alkalische Reaction; doch hemmt bereits ein Gehalt von 0,3 Proc. kohlensaures Alkali die Salpeterbildung.

Unbedingt erforderlich für die Lebensthätigkeit der Salpeter bildenden Organismen sind organische Stoffe; doch entwickeln sich in einem Boden, welcher besonders reich an diesem ist, Mucor-Arten, welche die genannten Organismen tödten und so die Salpeterbildung hindern.

Bei niederen Temperaturen und mangelhaftem Luftzutritt bilden sich vorwiegend salpetrigsaure Verbindungen.

Kohlenstoff.

Die künstliche Bildung von Diamanten ist von J. B. Hannay[1]) beobachtet worden. Bei seinen Untersuchungen über die Löslichkeit von festen Körpern in Gasen oberhalb der kritischen Temperatur hatte derselbe bemerkt, daß verschiedene Substanzen, die bei gewöhnlicher Temperatur unlöslich sind,

---

1) Beiblätter zu den Ann. der Phys. u. Chem. 1880, Bd. IV, S. 255.

bei hoher Temperatur und unter hohem Druck im Wasserdampf eine sehr beträchtliche Löslichkeit zeigen. Die Vermuthung, vielleicht so auch ein Lösungsmittel für Kohlenstoff gefunden zu haben, bestätigte sich zunächst nicht; wurde jedoch ein Kohlenwasserstoff in Gegenwart eines Metalls (besonders Magnesium) denselben Bedingungen unterworfen, so verband sich der Wasserstoff mit dem Metall und der Kohlenstoff wurde ausgeschieden und zwar beim Vorhandensein einer stickstoffhaltigen Verbindung in der hellen durchscheinenden Form des Diamanten. Die Eigenschaften des so erhaltenen krystallinischen Kohlenstoffs in Bezug auf Härte, Verhalten in polarisirtem Licht, Krystallform, sind die des Diamants, eine Verbrennungsanalyse gab 97,85 Proc. Kohlenstoff; das specifische Gewicht wurde zu 3,5 bestimmt.

Ueber Graphitbildung durch Zersetzung von Cyanverbindungen schreibt Falheim [1]) (chemische Fabrik Griesheim bei Frankfurt a. M.) Folgendes:

Nach R. Pauli rührt der Graphit, welcher bei der Darstellung von Aetznatron aus beim Leblanc-Verfahren erhaltenen Mutterlaugen auftritt, von der Zerstörung der Cyanverbindungen, namentlich des Ferrocyannatriums her (vergl. dies. Jahrb. Bd. 12 S. 324). Bei der Darstellung des Aetznatron's aus Rohlaugen indessen gelangen die concentrirten Laugen häufig frei von Ferrocyannatrium in die Schmelzkessel; gleichwohl findet stets Graphitabscheidung statt. Nimmt man aber die Eindampfung der Lauge und die Oxydation der Schwefelverbindungen in einem silbernen Gefäß vor, so scheidet sich kein Graphit ab, auch wenn vorher eine Lösung von Ferrocyankalium zugesetzt worden ist. Die Schmelze löst sich klar in Salpetersäure, meist auch in Salzsäure, es findet also auch keine Ausscheidung von amorphem Kohlenstoff statt. Andererseits ist es bekannt, daß die aus grauem Gußeisen bestehenden Schmelzkessel stark angegriffen werden.

In einem Kessel von 10 Tonnen Inhalt der ungefähr 6 Tonnen wiegt und bis 240 Kilo (4 Procent) Graphit enthalten kann, stellt man nach Lunge im günstigen Falle 700 Tonnen Aetznatron dar. Dann hat der Kessel entweder ein

1) Die chemische Industrie 1880, S. 52.

Loch, oder er ist an einzelnen Stellen so dünn geworden, daß eine weitere Benutzung nicht räthlich erscheint.

Der Graphit dürfte demnach ausschließlich aus dem gelösten Gußeisen herstammen. Das scheinbar plötzliche Auftreten desselben beim Eintragen des Salpeters in die rothglühende Masse, welches Pauli hauptsächlich zu seiner Ansicht veranlaßt zu haben scheint, rührt nach Falheim von der eintretenden Gasentwicklung her, die den specifisch nur wenig schweren Graphit an die Oberfläche des geschmolzenen Aetznatron's reißt, wo er eine Zeit lang bleibt, weil er von diesem, wie von Wasser nicht benetzt wird.

Bor.

Die Entstehung der Borsäure in den toskanischen Maremmen geschieht nach der Hypothese von Bechi[1]) in nachstehender Art: Der ophiolitische Serpentin, dessen Kette in Mittelitalien mit der Längenausdehnung der Soffioni parallel läuft, enthält Borsäure, wahrscheinlich als Magnesiumborosilicat, ferner Schwefelkies, Chalkopyrit und etwa 0,01 Proc. Stickstoff. Wird das Gestein in einer kleinen, eisernen Gasretorte in kohlensäurehaltigem Wasserdampf auf 300° erhitzt und werden die Dämpfe in ein größeres Wasserbassin geleitet, so beobachtet man geradezu dieselben Erscheinungen wie bei den Soffioni. Das Wasser enthält Borsäure und Ammoniaksalze, es wird durch ausgeschiedenen Schwefel milchig getrübt, während reichlich Schwefelwasserstoff entweicht. Verf. glaubt, daß die Annahme einer sehr langsamen Zersetzung der Serpentine durch Wasserdampf die zur Erklärung der Erscheinungen der Borsäure-Soffioni angemessenste Hypothese abgäbe.

Silicium.

Verflüssigung des Siliciumwasserstoffs von H. Ogier[2]). Für dieses Experiment wurde der Apparat von Cailletet benutzt. Bei gewöhnlicher Temperatur verflüssigt sich Siliciumwasserstoff nicht, auch nicht unter einem Druck von 200 bis 300 Atmosphären. Durch rasche Expansion bei

1) Wagner, Jahresbericht 1879, S. 352.

2) Bericht d. deutsch. chem. Ges. 1879, Bd. 12, S. 668 u. Compt. rend., t. 88, p. 236.

50 Atmosphären Druck bildet sich ein dichter Nebel in der Röhre und findet Verdichtung einer Flüssigkeit auf den Wänden der Röhre statt. Der Siliciumwasserstoff ist bei — 110° unter einem Druck von 50 Atmosphären, bei — 5° unter 70 Atmosphären, bei —10° unter 100 Atmosphären Druck flüssig.

Ein krystallisirtes Hydrat der Kieselfluorwasserstoffsäure. Beim Einleiten von Fluorsilicium in concentrirte Flußsäure behufs Darstellung der Kieselflußsäure entstehen nach Keßler[1]) bei niederer Temperatur und genügender Concentration Krystalle, anscheinend von der Zusammensetzung $H_2SiF_6 + 2H_2O$, die äußerst hygroskopisch sind, bei 19° schmelzen, oberhalb des Schmelzpunktes sich zum Theil in HF und SiF_4 zersetzen, an der Luft dicke Nebel bilden und sehr hart sind.

Natrium.

Soda. — Unter den Fortschritten, welche das Leblanc'sche Verfahren der Sodafabrication im Laufe der beiden letzten Jahre gemacht hat, ist vor Allem eine Modification dieses Verfahrens zu erwähnen, welche sich A. R. Péchiney (Besitzer der großen Sodafabrik zu Salindres bei Alais) patentiren ließ (D. R. P. No. 3591 v. 20. Juni 1878; E. P. v. 24. Dec. 1877 u. 11. Januar 1878). Einem Berichte von G. Lunge[2]) über das Péchiney'sche Patent entnehmen wir Folgendes.

Schon längst war es bekannt, daß bei der Sodaschmelzung Cyannatrium gebildet wird und daß dieses eines der wichtigsten Hindernisse dafür abgiebt, aus den Rohlaugen durch einfaches Eindampfen sofort weißes Sodasalz zu erzeugen; das Cyannatrium muß nämlich in Ferrocyannatrium übergehen, so daß es bis zuletzt darin bleibt. Beim Calciniren geht es dann in Eisenoxyd über, welches der Soda eine gelbe Farbe mittheilt. Allerdings kommt Eisen auch sonst in die Soda, namentlich durch Vermittlung von Schwefelnatrium; aber das als Schwefeleisennatrium vorhandene Eisen läßt sich durch verschiedene Manipulationen aus den Laugen entfernen, namentlich durch das „Carbonisiren" derselben. Versuche zur Beseitigung

1) Comptes rendus, t. 90, p. 1285 u. Berichte d. deutsch. chem. Ges. 1880, Bd. 19, S. 1353.
2) Dingler pol. Journ. 1879, Bd. 231, S. 337.

auch des Ferrocyannatriums von Gossage (durch Krystallisation) und Williamson (durch Erhitzen der Laugen unter Druck) waren fehlgeschlagen, und man war dabei stehen geblieben, nur einen Theil der Soda als reinere Waare auszusoggen, aus den Mutterlaugen dagegen, wenn sie nicht auf Aetznatron verarbeitet wurden, nur ein mißfarbiges Sodasalz zu gewinnen. Ueberhaupt wurden die Cyanverbindungen in der Sodarohlauge wenig beachtet, bis eben Péchiney wieder von neuem darauf hinwies.

Das Verfahren von Péchiney fußt darauf, daß die Cyanverbindungen im Sodaofen nur gegen das Ende der Schmelze gebildet werden, wenn das Sulfat schon fast ganz zersetzt ist, und daß ihre Bildung auch bei niedriger Temperatur stärker als bei höherer ist; sein Mittel gegen ihre Bildung beruht nun darauf, daß man die Schmelzung bei möglichst hoher Temperatur ausführen, und daß man zuletzt eine frische Menge Natriumsulfat zusetzen müsse, welche etwa gebildetes Cyanid zerstört und jedenfalls durch die noch vorhandenen Mischungsmaterialien selbst noch in kohlensaures Natron umgesetzt wird. Nach Lunge könnte man den Vorgang durch folgende Gleichung ausdrücken

$$Na_2SO_4 + 2\,NaCN = Na_2S + Na_2CO_3 + CO + 2N.$$

Das gebildete Na_2S wird dann durch vorhandenen $CaCO_3$ in Na_2CO_3 verwandelt. Auch betont Péchiney es, allerdings nicht als unerläßlich für diesen speciellen Zweck, daß man mit einem Minimum von Mischungskohle arbeiten und die erforderliche hohe Temperatur des Sodaofens, sowie die Abdampfung der Laugen durch die Herdfeuerung allein zu erreichen suchen müsse. Wenn man nach seinen Vorschriften arbeitet, so fällt die Rohlauge ganz frei von Cyannatrium oder Ferrocyannatrium aus, und man kann aus ihr direct Krystallsoda oder auch ganz weißes Sodasalz herstellen, ohne irgend welche Mutterlaugen aushalten zu müssen.

W. Weldon hat das in Rede stehende Verfahren Péchiney's durch eine eigene Verbesserung ergänzt (Englisches Patent vom 11. Januar 1878), nämlich durch Zusatz von Kalksteinstaub am Schlusse der Operation, zugleich mit dem Péchiney'schen Sulfat, wodurch das Schwefelnatrium zerstört und in kohlensaures Natron umgesetzt wird, so daß noch reinere Laugen erfolgen und ein Carbonisiren derselben zu diesem Zwecke gar

nicht nöthig wird. Man erhält dadurch eine Soda, welche ebenso frei von Eisen und ebenso weiß ist als Ammoniaksoda, ohne irgend welche Mutterlaugen-Absonderung.

Ueber die Bedeutung des Péchiney'schen Verfahrens und die Bildung der Cyanverbindungen bei der Sodaschmelze überhaupt hat sich ein ziemlich hitziger Kampf zwischen Weldon und Mactear entsponnen. Zur Erinnerung sei erwähnt, daß Mactear statt des älteren Verfahrens (in dem rotirenden Ofen zuerst nur Kreide und Kohle zu erhitzen, bis sich etwas Aetzkalk gebildet hat und dann erst das Sulfat mit mehr Kohle zuzusetzen), die Materialien alle auf einmal eingiebt und am Schlusse der Operation einige Procent Aetzkalk zusetzt. (Vergl. dies. Jahrbuch 1878 Bd. 14, S. 416). Dadurch erreicht er es, ebenso wie das ältere Verfahren, daß die Rohsoda beim Auslaugen aufschwillt, porös wird und sich besser auswaschen läßt; aber sein Verfahren nimmt gegenüber dem älteren eine Reihe von Vorzügen in Anspruch, welche freilich von ihm sehr übertrieben worden sind (G. Lunge's Bericht darüber war auch günstiger, als er ihn jetzt abfassen würde), von denen jedoch wenigstens die Mehrproduction aus demselben Ofen und etwas, wenn auch nicht sehr viel, Ersparniß an Brennmaterial unleugbar vorhanden sind. Eine ganze Anzahl von Fabriken in England und eine oder zwei Fabriken in Frankreich führten dann auch das Mactear'sche Verfahren ein, aber die Mehrzahl verschmäht es und einige haben es wieder aufgegeben, weil die wirklich erreichten, hinter den Versprechungen stark zurückbleibenden Vortheile durch die schlechtere Qualität der Soda aufgewogen wurden, welche viel schwefelhaltiger, also schwächer und mißfarbiger als früher ist. Mactear behauptet nun, daß die Cyanverbindungen gerade erst gegen das Ende der Schmelzung auftreten, wenn die Temperatur höher ist, und daß mithin solche Verbindungen in um so größerer Menge gebildet werden, je höher die Temperatur im Sodaofen gehalten wird.

Weldon widerlegt die Mactear'schen Einwände in schlagender Weise und insbesondere beweisen die durch das Péchiney'sche Verfahren erzielten Erfolge die Unrichtigkeit der Mactear'schen Ansicht.

Péchiney's Verfahren erfordert durchaus keine besondere

Aufsicht und Geschicklichkeit. Es verwerthet das früher als Cyanid verlorene und das zuletzt als Sulfat zugesetzte Natron vollständig als Carbonat. Man braucht dabei auch nicht einmal mehr Kalkstein als bei dem Mactear'schen Verfahren; dabei fallen die Rohlaugen von viel größerer Reinheit als früher und ist nach Angabe zweier Fabriken über ein dreimonatliches Resultat das Ausbringen an nutzbarer Soda aus dem Sulfat entschieden größer als früher.

Die Vorgänge, welche bei der Zersetzung der aus Sodarückständen gewonnenen Schwefellaugen durch Salzsäure statt haben, hat G. Lunge[1]) einer Erörterung unterworfen. Die durch Oxydation der Sodarückstände an der Luft gewonnenen sogen. gelben Laugen oder Schwefellaugen werden bekanntlich nach zwei verschiedenen Methoden weiter behandelt, nämlich entweder in dem Schaffner'schen Doppelkesselapparat oder in der Mond'schen Zersetzungsbutte. Im ersteren Falle läßt man zunächst in die Schwefellaugen schweflige Säure eintreten, verwandelt dadurch alles Sulfid und Sulfhydrat in Hyposulfit und zersetzt dann das letztere durch Zusatz von Salzsäure, wobei Schwefel niederfällt, Chlorcalcium in Lösung bleibt und schweflige Säure entweicht, die eben dazu benutzt wird, um einen neuen Antheil von Schwefellaugen damit zu sättigen und seinerseits in Hyposulfite umzusetzen. Die dabei vor sich gehende Reaction wird von Schaffner, wie auch sonst fast allgemein, durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$CaS_2O_3 + 2\,HCl = CaCl_2 + S + SO_2 + H_2O \quad . \, . \; (1)$$

Mond dagegen zieht es vor, die Schwefellaugen, welche so nahe wie möglich 1 Mol. Hyposulfit auf 2 Mol. Sulfide enthalten sollen, direct mit der zu ihrer Zersetzung nöthigen Salzsäure in kleinen Portionen oder durch continuirliches Zusammentreffen der Flüssigkeiten in dem passenden Verhältnisse zu zersetzen, um folgende Gleichung zu verwirklichen:

$$2\,CaS + CaS_2O_3 + 6\,HCl = 3\,CaCl_2 + 4\,S + 3\,H_2O \quad . \, . \; (2)$$

Er wendet gegen Schaffner's Zersetzungsmethode ein, daß „im Widerspruche mit allgemein verbreiteten Ansichten nur sehr geringe Mengen von Schwefligsäure durch den zweiten Theil dieser Methode erhalten werden können, indem sich anstatt der-

1) Dingler pol. Journ. 1878, Bd. 228, S. 232.

selben große Mengen Schwefelsäuresalz bilden. Unterschwefligsaurer Kalk und Salzsäure bilden zunächst Schwefel und Trithionsäuresalz, und letzteres zersetzt sich dann in Schwefel, Schwefelsäuresalz und Schwefligsäure."

Wenn Mond's Ansicht richtig wäre, so müßten also folgende Reactionen eintreten:

$$5\,CaS_2O_3 + 6\,HCl = 3\,CaCl_2 + 2\,CaS_3O_6 + 4\,S + 3\,H_2O \quad (3)$$

$$3\,CaS_3O_6 + 4\,HCl = CaSO_4 + 2\,CaCl_2 + 6\,SO_2 + 2\,S + 2\,H_2O \quad (4)$$

Die in der Gleichung 4 freiwerdende SO_2 verwandelt einen neuen Antheil noch unzersetzten Hyposulfits in Trithionat nach der bekannten Gleichung:

$$2\,CaS_2O_3 + 3\,SO_2 = 2\,CaS_3O_6 + S \quad (5)$$

Das neu gebildete Trithionat zersetzt sich wieder nach der Gleichung 4 und so geht es fort, sodaß man neben Schwefel viel Calciumsulfat, aber wenig schweflige Säure erhalten würde.

Den Ansichten von Mond widerspricht Schaffner. Wenn man nach ihm genügende Mengen von Salzsäure anwendet, so zerfällt der unterschwefligsaure Kalk vollständig in schweflige Säure, Schwefel, Wasser und Chlorcalcium (Gleichung 1). Gekocht wird natürlich bei der Zersetzung nicht; erst wenn die Zersetzung beendigt ist, wird die schweflige Säure, die von der Flüssigkeit absorbirt ist, durch Erwärmen mit Dampf vollständig ausgetrieben. — Schaffner schreibt die in dem gefällten Schwefel stets bemerkte Anwesenheit von Gyps allein auf Rechnung des Schwefelsäuregehaltes der zur Zersetzung benutzten Salzsäure. Wendet man reine Salzsäure an, so ist Schaffner's Beobachtung zufolge der erhaltene Schwefel ganz gypsfrei.

Die von Lunge ausgeführten Versuche, bezüglich deren Details auf die Originalabhandlung verwiesen werden möge, haben nun ergeben, daß die Bildung von Trithionsäure und infolge dessen später eine Entstehung von Gyps allerdings eintritt, sofern die Lauge unvollständig mit Salzsäure gesättigt wird und die hierbei entwickelte schweflige Säure Gelegenheit findet, nach Gleichung 5 auf das unveränderte Hyposulfit einzuwirken. Lange überzeugte sich jedoch zugleich, daß die Entstehung von Trithionat aus Hyposulfit und schwefliger Säure nach der angeführten Gleichung keineswegs augenblicklich, sondern erst bei längerer Einwirkung der Reagentien aufeinander

vor sich geht. Da nun aber gerade jene Bedingung, nämlich die unvollständige Sättigung mit Salzsäure, im Schaffner'schen Apparate nicht statt findet und da die etwa temporäre unvollständige Sättigung, welche im Großen wegen des nothwendiger Weise allmählichen Zusatzes der Salzsäure nicht ganz zu vermeiden ist, infolge des langsamen Fortschreitens der Reaction nach Gleichung 5 noch nicht zu merklicher Trithionsäurebildung führt, so gelangt Lunge zu dem Schluß, daß der dem Schaffner'schen Doppelkessel gemachte Vorwurf „man erleide bei Anwendung desselben einen Verlust an Schwefel infolge der Bildung von Trithionsäure und darauf von Calciumsulfat" als durchaus unbegründet zurückzuweisen sei. Allerdings muß man bei Ausführung des Schaffner'schen Ausfällungsverfahrens, wie Schaffner selbst betont, die Salzsäure in genügender Menge und möglichst rasch hintereinander zusetzen und hat die Flüssigkeit erst nach vollständigem Zusatze der Salzsäure zum Sieden zu erhitzen.

Wenn trotzdem manche Fabrik, die sich früher des Schaffner'schen Verfahrens bedient, nachträglich das Mond'sche adoptirt hat, und wenn Schaffner selbst seinen Doppelkessel in neuester Zeit aufgegeben hat und zu einem dem Mond'schen ähnlichen Zersetzungsverfahren übergegangen ist, so hat dies nur darin seinen Grund, daß der Doppelkesselapparat bei einem sehr umfangreichen Betriebe zuviel Arbeitslohn in Anspruch nimmt und die Ueberwachung desselben mühsamer ist als die des Büttenfällungsapparates. Schaffner hält noch heute daran fest, daß in seinem älteren Apparate die Operation besser vor sich gehe.

Darüber, ob das neuere Schaffner-Helbig'sche Verfahren der Regenerirung von Schwefel aus Sodarückständen, welches im vorigen Jahrgange dieses Jahrbuches, S. 290 beschrieben wurde, sich bereits soweit in der Praxis bewährt hat, daß es einer allgemeinen Einführung in den Sodafabriken entgegengeht, liegen Mittheilungen nicht vor. Doch haben Stingl und Morawski[1]) den Verlauf der jenem Verfahren zu Grunde liegenden Reactionen einer ausführlichen Untersuchung unterworfen, auf welche wir in einem späteren

1) Journal f. prakt. Chemie, Bd. 20. S. 76.

Bande dieses Jahrbuches zurückzukommen Veranlassung haben werden.

Kalium.

Potasche. — Ueber die Fabrikation der Potasche nach Leblanc's Verfahren hat A. Blügel[1]) einen sehr ausführlichen Bericht geliefert. Die Umstände, welche dieselbe etwas verschieden von der Sodafabrikation nach demselben Verfahren gestatten, sind: 1) Der erheblich höhere Preis des Rohmaterials, des Chlorkaliums; 2) die größere Flüchtigkeit der Kaliumverbindungen in der Hitze; 3) die Schwerlöslichkeit des Kaliumsulfats in concentrirten Kaliumcarbonatlaugen; 4) der Umstand, daß keine Mutterlaugen entstehen, man vielmehr das ganze Product in Form eines hochgradigen weißen Salzes zu erhalten suchen muß. — Als Rohmaterial verwendet man 1) 96—99 Proc. KCl enthaltendes Chlorkalium aus Staßfurter Abraumsalzen, möglichst frei von Chlornatrium (½—1½ Proc.); 2) Chlorkalium von der Schlempekohlen-Verarbeitung (Nebenproduct) mit wenig Natrium- und 10—12 Proc. Kaliumsulfat; 3) Schwefelsaures Kalium aus derselben Quelle (dasselbe enthält gewöhnlich Cyanverbindungen); 4) Schwefelsaures Kalium aus Staßfurter Kalisalzen (durch Laugeverfahren erhalten); dieses wird zukünftig voraussichtlich größere Bedeutung gewinnen. Die Umsetzung des Chlorkaliums in Sulfat sucht man wegen des hohen Preises des ersteren möglichst vollständig zu bewirken, selbst auf Kosten eines größeren Verbrauches an Schwefelsäure. Der Vorgang erfordert außerdem eine höhere Temperatur und die Gußeisen- und Chamottetheile des Ofens werden stärker angegriffen. Man arbeitet daher meistens in Flammöfen und wendet zur Zersetzung des Chlorkaliums heiße, etwa 60 grädige Schwefelsäure an. Der mechanische Ofen von Jones und Walsh (dieses Jahrbuch 1878 Bd. 14, S. 413), welcher erst in einer deutschen Potaschefabrik eingeführt ist (bei Vorster und Grüneberg in Kalk bei Deutz) leidet an häufigeren Betriebsstörungen und Reparaturen, ist aber sonst, was Condensation der Salzsäure, Ausbeute an starker Salzsäure, Brennmaterial- und -Säureverbrauch und Beschaffenheit des Productes betrifft,

1) Zeitschrift für das chemische Großgewerbe, 1879, Bd. 4, S. 139 im Auszuge aus Dingler pol. Journ. 1879, Bd. 233, S. 53 u. 145.

besser als der Handofen. Blügel hat beobachtet, daß sorgfältig aus Chamottemauerwerk mit Gypsmörtel hergestellte Pfannen in Form der bisher gebräuchlichen gußeisernen Pfannen der Einwirkung des Gemisches von Chlorkalium uud heißer Schwefelsäure sehr gut widerstehen, und er hat auf diese Beobachtung patentirte Constructionen von Handöfen und Oefen mit maschinellem Betriebe gegründet (D. R.-P. vom Juli 1878). Es sollen durch dieselben sowohl Brennmaterialersparnisse gemacht als auch die vielen kostspieligen Reparaturen bei den gußeisernen Pfannen und den mechanischen Oefen von Jones und Walsh vermieden werden. Sie sind ausführlich beschrieben und abgebildet Pol. Journ. Bd. 233 S. 226. — Bei Handöfen und insbesondere bei Muffelöfen läßt sich, wenn die Umsetzung des Chlorkaliums ziemlich vollständig sein soll, ein erheblicher Ueberschuß an freier Säure nicht vermeiden. — Bei Arbeiten mit Flammöfen hat es sich als zweckmäßig bewährt, das mit Verbrennungsgasen gemischte Salzsäuregas auf eine Entfernung von 10—15 Meter in gußeisernen Röhren und darauf erst in Thonröhren fortzuleiten. Von Potascheschmelzöfen sind bei der großen Flüchtigkeit der Kaliumverbindungen in der Hitze nur die Oefen für kleine Ladungen geeignet und auch wohl allgemein im Gebrauch. Die Schmelzposten bestehen aus 150 Kilogr. Sulfat, 130—160 Kilogr. Caliciumcarbonat und 65—80 Kilogr. Steinkohle. Das Sulfat wird gewöhnlich mit dem Hammer zerkleinert, das Calciumcarbonat durch einen Steinbrecher und darauf durch ein Grobkornwalzwerk zu Pulver und Stücken von Erbsen- bis Haselnußgröße zerkleinert, die Steinkohle kommt nicht gemahlen, sondern als Kohlenklein, d. h. in Form von haselnußgroßen Stücken, mit kleineren Stücken und Pulver gemischt zur Verwendung. Sehr stickstoffreiche Kohle, z. B. gewisse Sorten englischer Kohle, namentlich Sunderlandkohle, liefern so viel Cyankalium, daß sich die Abscheidung des bei der Auslaugung aus ihm entstehenden Ferrocyankaliums lohnt. Bei deutschen Kohlen, sowohl westphälischen als schlesischen, ist dies nicht der Fall. Die Gewinnung des Ferrocyankaliums auf diesem Wege wird von einigen pommerschen Fabriken betrieben. Um die Ausbeute an Cyankalium zu erhöhen, kann man umgekehrt wie beim Péchiney-Weldon'schen Verfahren (vergl. oben Seite 292) zur Zerstörung der Cyanverbindungen, einen Theil

der Mischkohle erst gegen Ende der Operation zusetzen. Da in diesem Zeitpunkte schon sehr viel Potasche gebildet ist, geht der größte Theil des Stickstoffes der zugesetzten Kohle in Cyan über. Das Ferrocyankalium scheidet sich bei der Raffination der Potasche mit dem Sulfat als Salzschlamm aus. Man stellt dann aus diesem eine Lauge von 36° B. (heiß) her, läßt krystallisiren und krystallisirt das so gewonnene rohe Ferrocyankalium wiederholt aus Lösungen von 32° B. um. Man hat so bei Anwendung von Sunderlandkohle bis zu 1 Proc. von der raffinirten Potasche an Ferrocyankalium erhalten. Zur Raffination der Potasche wird die Lauge bis auf 55° B. (heiß) eingedampft, und man soggt das sich dabei von 30° B. (heiß) an ausscheidende Kaliumsulfat fortwährend aus. Bei 55° B. hat sich fast alles Kaliumsulfat mit fast allem Ferrocyankalium (wenn dieses vorhanden war) ausgeschieden. Das erstere gewinnt man also wieder und kann es wieder mit zur Potascheschmelze verwenden, während in der Sodafabrikation das Natriumsulfat als werthlose Beimengung bei der Handelssoda bleibt. Die darauf eingedampfte und alsdann calcinirte Potasche behält aber fast immer eine gelbliche Farbe von Eisenoxyd, bedingt durch Zersetzung von Ferrocyankalium. Diesen Uebelstand würde das Péchiney-Weldon'sche Verfahren jedenfalls beseitigen helfen. Zur weiteren Reinigung wird die Potasche dann noch einmal gelöst. — Der Marktpreis des nach Leblanc gewonnenen Productes ist nicht viel vom Selbstkostenpreise entfernt, wie eine von B. beigefügte Kostenberechnung zeigt und dies wird auch so bleiben, weil der Bedarf an Potasche beschränkt, die Productionsmöglichkeit dagegen bei dem fast unerschöpflichen Staßfurter Kalisalzvorkommen unbeschränkt ist, also auch leicht Ueberproduction eintreten kann. Sodann drückt die Nothlage der Soda-Industrie die Potaschepreise, weil die Sodafabrikanten ihre Einrichtungen leicht mit nur geringen Abänderungen zur Fabrikation von Potasche verwenden können. Ferner kommt die Concurrenz der deutschen und französischen Rübenpotasche hinzu, die, weil sie aus einem Nebenproduct gewonnen wird, starken Preisrückgang aushalten kann. Aber trotzdem dürfte eine vorsichtige und allmähliche Ausdehnung der deutschen Potaschefabrikation nach Leblanc, welche jetzt etwa 12000 Tonnen, gegenüber etwa 50000 Tonnen Gesammtproduction an Rüben-

potasche liefert, möglich sein, da sowohl die Production von Holzasche als diejenige von Rübenasche, letztere in Folge der Einführung des Osmose- und des Elutionsverfahrens, von Jahr zu Jahr abnehmen.

Die Löslichkeitsverhältnisse eines Gemisches von Chlornatrium und Chlorkalium in Wasser sind von J. Schönach[1]) einer Untersuchung unterworfen worden. Die Ergebnisse derselben lassen sich in folgenden Sätzen zusammen fassen:

Werden die beiden isomorphen Salze gleichzeitig in Wasser gelöst, so daß eine für beide Salze gesättigte Lösung entsteht, so erleidet jedes derselben eine Verminderung seiner Löslichkeit und zwar das leichter lösliche Chlorkalium in höherem Grade als das schwerer lösliche Chlornatrium. Die Löslichkeit des Gemisches entspricht daher nicht der Summe der Löslichkeiten der einzelnen Salze, sondern bleibt hinter letzterer zurück und zwar um so mehr je höher die Temperatur der Lösung ist. Die Vertheilung der einzelnen Salze im Gemische erfolgt nicht im Verhältnisse ihrer normalen Löslichkeit, sondern es tritt ein Verdrängen und Ersetzen des schwerer löslichen Salzes durch das leichter lösliche ein, in dem Grade als ihre Löslichkeit differirt. Ein einfacher mathematischer Zusammenhang läßt sich jedoch hierbei nicht erkennen.

Aluminium.

Die Herstellung eisenfreier Thonerde. — Um aus Bauxit und ähnlichen Thonerdemineralien das Eisen zu entfernen, führen es H. B. Condy und G. Rosenthal in London[2]) (D. R. P. Nr. 5589 vom 25. Juni 1878) in Schwefeleisen über. Zu diesem Zweck erhitzen sie das fein gepulverte Mineral unter Umrühren in einem mit Blei ausgeschlagenen eisernen Kessel mit einer Lösung von Schwefelnatrium, so daß auf je 2 Thl. Eisen 3 Thl. Schwefelnatrium kommen. Nach beendeter Einwirkung läßt man die Flüssigkeit ab, behandelt den Rückstand mit verdünnter Salzsäure und wäscht mit Wasser das gebildete Eisenchlorür aus. Eisen, Kalk und Magnesia

1) Der Naturforscher 1880, Bd. 13, S. 249 u. Sitzungsber. der Wiener Academie der Wiss., Bd. 80, S. 525.

2) Dingler pol. Journ. 1879, Bd. 233, S. 493.

werden durch diese Behandlung fast völlig entfernt. Zu gleichem Zweck kann man Schwefelcalcium oder Schwefelbarium anwenden, oder aber über den erhitzten Bauxit Wasserstoff und Schwefelwasserstoff leiten, um dadurch das Eisen in verdünnter Salzsäure löslich zu machen.

Ultramarin. — Wir haben bereits im vorigen Bande dieses Jahrbuches (S. 319 u. f.) über die Ultramarinfabrikation und insbesondere über den Stand der gegenwärtig so lebhaft discutirten Frage nach der Constitution des Ultramarins Bericht erstattet. Auch das vergangene Jahr hat einige sehr beachtenswerthe Beiträge zur Erörterung dieser hoch interessanten Frage geliefert. Zwar stehen sich die Ansichten der verschiedenen Chemiker noch ziemlich schroff gegenüber, doch klären sich dieselben mehr, so daß wir einer endlichen Lösung der Frage wohl bald entgegen sehen dürfen.

Knapp[1]) hat seine Untersuchungen fortgesetzt. Derselbe erinnert an eine Anzahl von Reactionen, die sämmtlich zur Entstehung einer blauen Färbung Veranlassung geben und bei welchen sich überdies durchgängig die Abscheidung von Schwefel nachweisen läßt. Solche Reactionen treten ein beim Zusammenschmelzen von Schwefelleber mit Borax und Borsäure, beim Schmelzen von Rhodankalium für sich oder unter Zusatz von Schwefel, beim Erhitzen eines Gemisches der Lösungen von weinschwefelsaurem Kalium und unterschwefligsaurem Kalium, beim Versetzen einer Eisenchloridlösung mit dem 50 bis 100-fachen Volum Schwefelwasserstoffwasser. Ferner erinnert Knapp an das Entstehen einer blauen Flüssigkeit bei Einwirkung von Schwefelsäureanhydrid auf Schwefel. Zwar behält sich Knapp weitere Mittheilungen über den Zusammenhang der hier angeführten Erscheinungen vor, doch scheint er ohne Zweifel das Entstehen der blauen Farbe in den namhaft gemachten Fällen ebenso wie bei der Ultramarinbildung auf das Vorhandensein freien Schwefels zurückführen zu wollen.

Dieser Ansicht tritt Heumann[2]) in entschiedenster Weise entgegen, welcher in drei sehr umfangreichen Abhandlungen die Ergebnisse seiner Untersuchungen wie überhaupt seiner An-

1) Dingler pol. Journ. 1879, Bd. 233, S. 479.

2) Liebig's Annalen der Chemie 1879, Bd. 199, S 253. — 1880, Bd. 201, S. 262 und Bd. 203, S. 174.

sichten über die Constitution verschiedener Ultramarinverbindungen dargelegt hat. Geben wir einen Augenblick zu, sagt Heumann (a. a. O. Bd. 203 S. 206), der Schwefel sei als solcher aber in einem höchst eigenthümlichen Aggregatzustand oder in Form einer noch nicht entdeckten blauen Verbindung die Ursache der blauen Ultramarinfarbe, so drängt sich die Frage auf: Ist im grünen Ultramarin ein grüner Schwefel, im rothen ein rother, im gelben ein gelber Schwefel enthalten? Ebenso wie die blaue Farbe dem Berlinerblau eigenthümlich ist, so ist dieselbe die characteristische Eigenschaft einer in dem Ultramarinen enthaltenen complicirt zusammengesetzten chemischen Verbindung. Als solche nimmt Heumann in dem „rein blauen“ Ultramarin die Verbindung des im Nephelin isolirt auftretenden Natriumsilikats mit zweifach Schwefelnatrium an:

Ultramarinblau = $2\,Na_2Al_2Si_2O_8,\ Na_2S_2$.

Dem Ultramarinweiß schreibt Heumann, wie auch Rickmann (dieses Jahrbuch 1879. Bd. 15 S. 328) die Formel $2Na_2Al_2Si_2O_8,\ Na_2S$ zu. Als Stütze dieser letzteren Ansicht führt Heumann zu den von Rickmann dargelegten Argumenten noch an, daß er ausgesuchte, reine Haunkrystalle, nachdem sie in feines Pulver verwandelt waren, durch Glühen im Wasserstoffstrom in ein Product überführen konnte, welches sich als durchaus identisch mit dem Ritter'schen weißen Ultramarin erwies. Da der Haüyn allgemein als eine Verbindung des im Nephelin enthaltenen Silikates mit Natriumsulfat, entsprechend der Formel $2\,Na_2Al_2Si_2O_8 + Na_2SO_4$ angesprochen wird, so findet die für das Ultramarinweiß aufgestellte Formel durch jene Ueberführung des Haüyns in Ultramarinweiß eine neue Bestätigung.

Zur Begründung seiner Ansichten über die Constitution des Ultramarinblaus theilt Heumann Folgendes mit. Sowohl seine Analysen von „rein blauen“ Ultramarinen verschiedenen Ursprunges (Marienberger Blau und aus Nürnberger Grün durch Erhitzen in Chlorwasserstoffgas dargestelltes Blau) als auch seine Analysen von Silber- und Kaliumultramarin verschiedenen Ursprungs, sowie endlich die früher von R. Hoffmann ausgeführten Analysen reinblauen Ultramarins haben ergeben, daß in diesen Ultramarinen dreimal soviel Atome des einwerthigen Metalls als Schwefelatome enthalten sind.

Weiter wird bei der durch Zusatz von verdünnter Salz-

säure bewirkten Zersetzung des reinen gelben Silberultramarins, dessen Zusammensetzung zweifelsohne der Zusammensetzung des reinblauen Ultramarins entspricht (dies. Jahrbuch 1879, S. 340), ein Drittel des Silbers als Sulfid ausgeschieden, während zwei Drittel des Silbers in Chlorsilber übergehen. Das ausgeschiedene Schwefelsilber enthält nach Heumann genau die Hälfte des im Silberultramarin ($2 Ag_2 Al_2 Si_2 O_8$, Ag_2S_2) enthalten gewesenen Schwefels, während die andere Hälfte des letzteren zum größten Theil in Form freien Schwefels abgeschieden wird und nur zu einem sehr geringen Theile in Form von schwefliger Säure und Schwefelsäure in die Lösung übergeht. Die Sauerstoffverbindungen des Schwefels sind nach Heumann nicht erst bei der Bildung des Silberultramarins oder bei dessen Zersetzung entstanden, sondern waren bereits als unwesentliche, infolge secundärer Prozesse entstandene Bestandtheile in dem als Ausgangsmaterial angewendeten Ultramarinblau enthalten.

Ferner wies Heumann (a. a. O. Bd. 230, S. 190) nach, daß ein ihm zur Verfügung stehendes, aus Nürnberger Grün durch Blaubrennen im Salzsäuregas dargestelltes Blau, welches absolut frei von Sauerstoffverbindungen des Schwefels war, (siehe unten) beim Behandeln mit verdünnter Säure eine Schwefelmenge in Form von Schwefelwasserstoff abschied, welche sich zur Gesammtmenge des vorhandenen Schwefels verhielt wie 1 : 2,02. Also die Hälfte des vorhandenen Schwefels erwies sich in einem Ultramarinblau, welches bei seiner Bildung nicht wie das Fabrikproduct der verändernden Wirkung des atmosphärischen Sauerstoffs ausgesetzt war, als in Form von Schwefelwasserstoff abscheidbar, während der ganze Rest des Schwefels (die andere Hälfte) bis auf eine Spur Schwefelsäure in freiem Zustande ausgeschieden wurde. Hieraus geht hervor, daß in dem untersuchten Blau ein Disulfid enthalten ist.

Zur Begründung der Annahme, daß in dem in Rede stehenden Ultramarinverbindungen zwei Drittel des einwerthigen Metalles in anderer Form gebunden sind als das letzte Drittel desselben, beruft sich Heumann auf die Thatsache, daß der Silberultramarin beim Kochen mit Chlornatriumlösung nur zwei Drittel seines Silbergehaltes (das im Silikat enthaltene Silber) gegen Natrium austauscht, während er beim

Schmelzen mit den Haloidverbindungen der Alkalimetalle silberfreie blaue Alkaliultramarine giebt.

Knapp und Ebel (vergl. dies. Jahrb. 1879 S. 331) haben mitgetheilt, daß bei dreimal wiederholtem Blaubrennen von weißem Ultramarin in Salzsäuregas und jedesmaligem Zerreiben und Auswaschen des Products ein Blau erhalten worden sei, bei welchem die mit Säuren entwickelbare Menge Schwefelwasserstoff zuletzt „bis auf eine Spur“ abnahm. Die Farbe habe sich bei dem wiederholten Brennen nicht merklich geändert, „weil schon anfangs zu tief.“ Ist dieser Versuch correct, so muß nach Heumann (a. a. O., Bd. 203, S. 214) logischer Weise der Schluß gezogen werden, daß die seither für das Ultramarin so charakteristische Fähigkeit mit Säuren Schwefelwasserstoff zu entwickeln, der eigentlichen Ultramarinverbindung gar nicht angehört, sondern nur ihren Verunreinigungen, da hier ein Ultramarinblau vorliegt, welches mit Säuren nur eine Spur Schwefelwasserstoff entwickelt. Daß die genannten Autoren diesen nothwendigen, für die Kenntniß des Ultramarins höchst wichtigen Schluß nicht selbst zogen, erscheint auffallend. Da jene Folgerung mit der von Heumann aufgestellten Ultramarintheorie unvereinbar ist, so stellte derselbe den Versuch zunächst mit den zur Ausschließung störender Nebenreactionen nöthigen Vorsichtsmaßregeln an, über deren Einhaltung Knapp und Ebel indeß keine Angabe machten.

Aeußerst fein gemahlenes Nürnberger Ultramaringrün wurde nach völliger Austreibung der Luft und des Wassergehalts durch Wasserstoffgas mittelst Chlorwasserstoff in prächtiges Blau übergeführt und dann, nachdem das absorbirte Salzsäuregas aus dem erkalteten Product durch stundenlanges Ueberleiten von Wasserstoff endlich ausgetrieben war, an die Luft gebracht und völlig ausgewaschen. Das so erhaltene, von Sauerstoffverbindungen des Schwefels freie Blau zeigte bei der Bestimmung mittelst Silberlösung 3,91 Proc. H_2S-Schwefel. Nun wurde das Product aufs Sorgfältigste im Achatmörser zerrieben, ausgewaschen und nach dem Trocknen abermals unter denselben Vorsichtsmaßregeln während einer Stunde in Chlorwasserstoff bis zum schwachen Glühen erhitzt, dann wieder nach Austreibung der absorbirten Salzsäure gewaschen, zerrieben und von neuem in Chlorwasserstoff erhitzt. In solcher Weise wurde der

Versuch dreimal wiederholt und im prächtig lasurblauen Endproduct abermals der H_2S-Schwefel bestimmt. Er ergab sich zu 4,16 Proc. und hatte sich also nicht einmal vermindert, noch viel weniger zu Null reducirt.

Wenn daher die oben genannten Autoren ein blaues Product erhielten, welches mit Säuren nur noch eine „Spur" Schwefelwasserstoff lieferte, so scheint bei diesem Versuch die zersetzende Wirkung des absorbirten Salzsäuregases und der oxydirende Einfluß der Luft den Betrag an H_2S-Schwefel soweit herabgedrückt und den an Schwefligsäureverbindungen so erhöht zu haben, daß das der bedeutenden Farbintensität des Ultramarins wegen immer noch blau gefärbte Product bei seiner Behandlung mit Säure nur relativ wenig Schwefelwasserstoff liefern konnte, welcher dann größtentheils durch die reichlicher auftretende schweflige Säure zersetzt wurde.

Vergleicht man die von Heumann

für Ultramarinweiß $2 Na_2 Al_2 Si_2 O_8$, Na_2S

und für Blau . . . $2 Na_2 Al_2 Si_2 O_8$, Na_2S_2

aufgestellten Formeln, so ergiebt sich, daß sich dieselben nur durch ein Schwefelatom von einander unterscheiden, welches das Blau mehr enthält. Es muß daher auffallend erscheinen, daß das Ultramarinweiß nicht durch einfaches Glühen mit Schwefel unter Luftabschluß in Blau übergeführt werden kann. Wie geht es zu, muß man sich fragen, daß die Ueberführung von Ultramarinweiß in Blau — wenn dieselbe nur die Aufnahme von 1 Atom Schwefel erfordert — beim Erhitzen mit Schwefel unter Luftabschluß nicht erfolgt, während sie vor sich geht, wenn man den Ultramarinweiß enthaltenden Rohbrand mit Schwefel bei Luftzutritt erhitzt? Zur Beantwortung dieser Frage weist Heumann darauf hin (a. a. O., Bd. 203, S. 203), daß der Rohbrand neben den Ultramarinweiß ungebundenes Natriumsulfid in bedeutendem Ueberschuß enthält. (Nach R. Hoffmann [1]) müssen bei der Fabrikation für 100 Thl. Ultramarin bis zu 26 Thl. Soda und 45 Thl. Schwefel im Ueberschuß angewendet werden. Das ungebundene Natrium wird später als Sulfat wieder ausgewaschen). Aus diesem ungebundenen Natriumsulfid setzen nach Heumann das gebildete Schwefligsäuregas

1) A. W. Hofmann's Bericht über die Entwicklung der chemischen Industrie, S. 680.

und der zutretende Sauerstoff Schwefel in Freiheit, welcher somit selbst im **status nascendi** befindlich von dem ebenfalls nascirenden (?) Ultramarinweiß aufgenommen wird, während **nicht-nascirender** Schwefel nicht die Fähigkeit hat, sich mit dem Ultramarinweiß direct zu verbinden.

Aber auch das durch Auswaschen von ungebundenem Natriumsulfid befreite Ultramarinweiß wird bekanntlich beim Erhitzen mit Schwefligsäuregas oder mit Salzsäuregas gebläut. Hierbei muß also der Vorgang ein anderer sein. Nach Heumann geht das Blaubrennen des Ultramarinweiß im Salzsäuregas nach folgender Gleichung vor sich

$$2\,[2\,Na_2Al_2Si_2O_8,\ Na_2S] - Na_2$$
$$= 2\,Na_2Al_2Si_2O_8,\ Na_2S_2 + 2\,Na_2Al_2Si_2O_8.$$

Das hierbei entstehende Product ist also nach Heumann ein Gemenge (oder eine Verbindung) von Ultramarinblau mit einem die Zusammensetzung des Nephelins besitzenden Silicat, und ist sonach keineswegs identisch mit dem Fabrikblau. Hiermit stimmt die von Heumann und auch von anderen Chemikern beobachtete Thatsache überein, daß das aus weißem Ultramarin von fast theoretischer Zusammensetzung durch Bläuen mit Chlorwasserstoffgas erhaltene Product hinsichtlich seiner Farbenintensität (welche durch Zufügen der zehnfachen Menge eines weißen Körpers wie Thon ꝛc. zu prüfen ist) nicht im entferntesten mit den besten Fabrikultramarinen concurriren kann und auch unter dem Mikroskop viele weiße Theilchen erkennen läßt. Das Fabrikultramarin kann doch keinenfalls farbkräftiger sein als die ideale Ultramarinverbindung und somit ist es unmöglich, daß die Zusammensetzung des aus weißem Ultramarin durch Natriumaustritt entstehenden Productes diejenige des idealen Ultramarinblaues darstellt.

Aber auch die Zusammensetzung der besten Fabrikultramarine entspricht niemals genau der aus den Analysen, den Spaltungsverhältnissen und Bildungsweisen des reinblauen Ultramarins abgeleiteten Formel $2\,Na_2Al_2Si_2O_8,\ Na_2S_2$. Das Fabrikat wird ja weder aus absolut reinen Materialien dargestellt, noch ist die Möglichkeit geboten, den zersetzenden Einfluß der Luft und der Feuergase auszuschließen.

Hierzu kommt noch, daß vollständiges Aufschließen des Thons und fertige Ultramarinbildung in jedem Körnchen der Be-

schickung ebenfalls nicht zu erreichen ist. Auch wird gewiß an manchen Stellen das Zwischenproduct Ultramarinweiß durch die Einwirkung des Sauerstoffs oder der schwefligen Säure direct gebläut, d. h. in Ultramarinblau und Nephelinsilicat zerlegt. Ueberschüssig zugesetzter Schwefel verbrennt, überschüssige Natronsalze werden durch Auswaschen entfernt, aber unaufgeschlossener Thon und nicht in Ultramarin überführtes Nephelinsilicat bleiben in der Masse zurück und erhöhen deren Gehalt vorzüglich an Silicium und Aluminium. In gleichem Sinne wirkt der in den Ofen eindringende Sauerstoff, welcher das bereits fertig gebildete Ultramarinblau nachgewiesenermaßen in der Art zersetzt, daß beim späteren Auswaschen Natriumsulfat in Lösung geht, während das abgeschiedene Silicat dem übrigen Blau beigemischt bleibt. Alle diese Thatsachen erklären nicht nur, sondern fordern, daß der Aluminium- und Siliciumgehalt der Fabrikultramarine ein schwankender ist, daß er aber bei normalem Product stets etwas höher sein muß, als der Formel des reinen Ultramarins entspricht. Heumann erklärt jede Ultramarinformel für falsch, welche genau soviel Aluminium und Silicium verlangt als das Fabrikationsproduct zeigt. Letzteres muß stets einen Ueberschuß von diesen beiden Elementen enthalten. Dieser Ueberschuß beträgt bei den besten Fabrikaten nach den vorliegenden Analysen für das Aluminium 2,0 bis 2,5 Proc. für das Silicium 3,8 bis 4,1 Proc.

Durch die Einwirkung der Luft auf die im Flammenofen befindliche Ultramarinmasse wird ein kleiner aber variabler Theil des von Nephelinsilicat gebundenen Natriumdisulfids zu Sulfit, Hyposulfit oder Sulfat oxydirt. Die Thatsache, daß sich die im Fabrikblau enthaltenen Sulfit- und Sulfatverbindungen nicht auswaschen lassen, ist einfach auf die durch die Existenz des Hauyns, Sodaliths, des weißen und blauen Ultramarins bewiesene Fähigkeit des Nephelinsilicats, verschiedene Natriumsalze zu binden, zurückzuführen. Auch ist es höchst wahrscheinlich, daß die Verbindungen jener Silicate mit Sulfit, Hyposulfit oder höheren Schwefelungsstufen ebenfalls gefärbt sind und wohl nur die Nüance des Ultramarinblaues etwas modificiren. Die von Hoffmann ausgeführten Analysen des rothen und gelben Ultramarins mögen als Beweise für die Existenz derartiger Verbindungen gelten (vergl. dies. Jahrb. Bd. 15. S. 342).

Um der fast allgemein als richtig anerkannten Ansicht, daß die im Ultramarinblau in geringer Menge auftretenden Sauerstoffverbindungen des Schwefels nur unwesentliche, durch secundäre Processe gebildete Bestandtheile sind, eine weitere Stütze zu geben, führte Heumann (a. a. O. Bd. 203 S. 186) ein ihm zur Verfügung stehendes grünes Ultramarin von Nürnberg, welches sich als absolut frei von schwefligsauren und unterschwefligsauren Verbindungen erwies und nur eine ganz unbedeutende Menge von Sulfat enthielt, dadurch in Blau über, daß er es bei völligem Abschluß der Luft in einer nahezu glühenden Verbrennungsröhre in einem Strome von Chlorwasserstoffgas erhitzte. Das im Wasserstoffstrom erkaltete Product, welches eine ebenso intensiv blaue Farbe zeigte, wie die besten Proben rein blauen Fabrikultramarins enthielt keine Spur von Sulfiten und Hyposulfiten und bewies also, daß diese Sauerstoffverbindungen des Schwefels für die Existenz des blauen Ultramarins völlig überflüssig sind. Das Verfahren, dessen sich Heumann zur Erkennung der Anwesenheit von schwefeligsauren oder unterschwefligsauren Verbindungen bedient, besteht darin, daß er die zu prüfende Substanz unter Kupfersulfatlösung durch verdünnte Schwefelsäure zersetzt und die rasch filtrirte Flüssigkeit mit hellrother Permanganatlösung versetzt. Eine schon durch den ersten Tropfen dieser Lösung hervorgebrachte violette Färbung der Flüssigkeit zeigt ihm die Abwesenheit der genannten Sauerstoffverbindungen des Schwefels an.

Wenn, wie Heumann annimmt, das im Salzsäuregas bewirkte Blaubrennen des Ultramarinweißes durch Abgabe von 2 Atom Natrium bedingt sein soll, so muß der Vorgang entsprechend folgender Gleichung statt haben:

$$2\,[2\,Na_2Al_2Si_2O_8,\ Na_2S] + 2\,HCl$$
$$= 2\,Na_2Al_2Si_2O_8,\ Na_2S_2 + 2\,Na_2Al_2Si_2O_8 + 2\,NaCl + H_2$$

Es muß also während des Prozesses eine Wasserstoffentwicklung vor sich gehen. Rickmann konnte eine solche nicht beobachten (vergl. dies. Jahrb. Bd. 15 S. 335) und hierauf basirt zum Theil seine Annahme, daß im Ultramarinblau die Verbindung Na_2SSiO_2, $Al_2O_3SiO_2$ enthalten sei, und dasselbe nach folgender Gleichung entstehe:

$$2\,Na_2Al_2Si_2O_8,\ Na_2S + 2\,HCl$$
$$= Na_2Al_2Si_2O_8 + Na_2SSiO_2Al_2O_3SiO_2 + 2\,NaCl + H_2O$$

Heumann hat daher (a. a. O. Bd. 203 S. 211) den Rickmannschen Versuch wiederholt, jedoch unter Beobachtung gewisser, unerläßlicher, von Rickmann wahrscheinlich nicht in Anwendung gebrachter Vorsichtsmaßregeln, welche darin bestanden, daß zunächst die Luft aus dem mit Ultramarinweiß gefüllten Verbrennungsrohr durch Kohlensäure vollständig entfernt und dann in die zur Austreibung des Wassers aus der Substanz bereits erhitzte Röhre völlig luftfreies, trocknes Chlorwasserstoffgas eingeführt wurde. Das entweichende Gas wurde in einem mit Kalilauge gefüllten, durch Kalilauge abgesperrten Cylinder aufgefangen. Es wurde bei jedem Versuch ein durch erneute starke Kalilauge nicht absorbirbares, geruchloses Gas erhalten, welches mit blasser Flamme brannte, ohne Schwefligsäuregeruch zu entwickeln und also Wasserstoff gewesen sein muß. Freilich ist die Menge des Gases relativ gering, was aber kaum auffallen kann, da jede Spur von Luft und auch der beim Blaubrennen infolge einer Nebenreaction stets auftretende freie Schwefel einen Theil des Wasserstoffs in Wasser resp. in Schwefelwasserstoff überführen muß. Heumann hält somit auch die Rickmannsche Ansicht für widerlegt, umsomehr, da ein von Sauerstoffverbindungen freies Ultramarinblau beim Behandeln mit verdünnter Säure bei der von Rickmann vorausgesetzten Constitution den gesammten Schwefel in Form von Schwefelwasserstoff entwickeln müßte, während ein solches nach den obigen Mittheilungen doch thatsächlich die Hälfte des Schwefels in Form von freiem Schwefel abgiebt.

Ob sogenanntes grünes Ultramarin von reinster Farbnüance als ein selbständiges Zwischenproduct, vielleicht als eine Verbindung von weißem mit blauen Ultramarin anzusehen ist, bedarf nach Heumann noch weiterer Feststellung.

Die Entstehung des Ultramarins aus dem Thon und seine Beziehung zu den Mineralien der Lasursteingruppe läßt sich aus folgender Zusammenstellung ersehen:

Kaolin	$H_2Al_2Si_2O_8 . H_2O$;
Kaolin mit Soda geglüht / Nephelin	$Na_2Al_2Si_2O_8$;
Hauyn (Noscan)	$2Na_2Al_2Si_2O_8 . Na_2SO_4$
Weißes Ultramarin	$2Na_2Al_2Si_2O_8 . Na_2S$
Blaues Ultramarin	$2Na_2Al_2Si_2O_8 . Na_2S_2$
Sodalith	$3Na_2Al_2Si_2O_8 . 2NaCl$.

Zum Schlusse bemerkt Heumann, daß sich seine Arbeit einzig und allein auf diejenige Art von Ultramarin bezieht, welche aus sandfreiem Kaolin, Natriumsulfat und Kohle oder Soda und Schwefel dargestellt und von den Fabrikanten als „reinblaues“ Ultramarin bezeichnet wird, nicht aber auf das etwa um die Hälfte an Schwefel reichere, gegen Säuren widerstandsfähigere röthliche Blau, welches bei Zusatz variabler Mengen von Quarz oder Infusorienerde zu der gewöhnlichen Ultramarinmischung erhalten wird, und nicht auf die rothen und gelben Derivate und die gleichzeitig verschiedene einwerthige Metalle enthaltenden Ultramarine, welche alle mit dem Ultramarinblau in genetischer Beziehung stehen und deshalb auch ihrer Natur nach ergründet sein müssen, ehe die Frage nach der Constitution der Ultramarinverbindungen in ihrem vollen Umfang gelöst sein wird.

Chrom.

Chromoxyd empfahl P. Audouin[1]) als höchst feuerfestes Material. Es widerstehe vollständig den höchsten bekannten Temperaturen, werde durch geschmolzene Eisenoxyde, sowie durch Kieselsäure nicht angegriffen und schwinde nicht, wie die thonerdehaltigen Substanzen. Wenn sein Preis jetzt auch unverhältnißmäßig hoch sei, so seien die Chromerzlager doch so reich, daß der Preis rasch sinken müsse, wenn sich eine neue Verwendung für das Chromoxyd finde.

Hierzu bemerkt Dr. Bischof[2]) in Wiesbaden folgendes. Das Chromoxyd ist als solches in der That höchst schwer schmelzbar. Eine Probe des dunkelgrünen Chromoxyds auf einer Thonscheibe mit feuerfestem Thon aufgeklebt und bis zur Platinschmelzhitze erhitzt, hält sich vollkommen ohne alle Zeichen von Schmelzung. Es brennt sich darin zu einer matten, schwarzgrauen Masse mit etwas dunklerm Bruche. Letzterer ist dicht, aber noch einsaugend. Die Probe zeigt keine oder eine nur unmerkliche Schwindung und ist mit der berührten Thonmasse in keine Schmelzverbindung getreten. Bei allen diesen pyrometrisch bestechenden Eigenschaften steht, wie bereits von Audouin angedeutet worden, zur Zeit der Preis des Chromoxyds,

1) Deutsche Industriezeitung 1879, S. 259.
2) Dies. 1879, S. 407.

welcher $6\frac{1}{2}$ bis $7\frac{1}{2}$ Mk. für 1 Kilogr. beträgt, jedweder Verwendung im Großen entgegen, wozu aber überdies noch einige nicht geringe Bedenken kommen. Das Chrom, welches hinsichtlich seiner Oxydationsreihe unmittelbar neben Eisen und Mangan sich stellt, bildet auch ebenso viele Oxydationsstufen, als diese Metalle. Es giebt ein Chromoxydul, ein Chromoxyd, welches mit dem Eisenoxyd isomorph ist, ein Chromoxyduloxyd und eine Chromsäure, wozu vielleicht noch ein Chromsuperoxyd und eine Ueberchromsäure hinzu zu rechnen sind. Die verschiedenen Oxydationsstufen sind es aber nun, welche das Eisen, wiewohl das Eisenoxyd an sich recht schwer schmelzbar, auch zu Verbindungen wenig geneigt ist, so völlig ungeeignet als pyrometrische Substanz, ja geradezu gefährlich erscheinen lassen, wenn dasselbe in größerer Menge z. B. einem Thone beigemengt ist. Je nachdem ein solcher eisenhaltiger Thon oxydirenden oder reducirenden Einflüssen, oder gar einem Wechsel derselben ausgesetzt wird, finden außer den chemischen fortwährend Volumenänderungen statt, die, abgesehen von damit verbundener Einbuße an mechanischer Festigkeit, der Masse nichts weniger als eine Beständigkeit im Feuer bewahren, sondern ein Aufreiben in sich selbst herbeiführen. Ein ähnlicher unablässig wechselnder Zustand ist von dem an sich bereits variablen Chromoxyd ganz gewiß je nach den einwirkenden Brenngasen anzunehmen, welcher gleiche pyrometrische Hinfälligkeit nothwendig mit sich bringen muß. Endlich kann das Chromoxyd, welches überhaupt eine große Neigung besitzt, Verbindungen einzugehen, und welches bekanntlich Glasflüsse intensiv und zwar ausgezeichnet smaragdgrün färbt, sobald es mit Schlackenfluß in Berührung kommt, keinen Widerstand leisten und wird weit eher aufgezehrt werden, als dies etwa bei der Thonerde und bei saurer Schlacke, auch bei der Kieselsäure der Fall ist.

Chlorsaures Chromoxyd findet neuerdings Verwendung in der Färberei und im Zeugdruck. Eine Lösung desselben (die allerdings auch chlorsaures Kali enthält) stellt man sich dar, indem man eine Lösung von chlorsaurem Baryt, der seit seiner Verwendung für Anilinschwarz käuflich zu haben ist, mit Chromalaunlösung versetzt und den sich ausscheidenden schwefelsauren Baryt abfiltrirt. Wird das auf ein spec. Gewicht 1,1152 gebrachte Filtrat für sich erhitzt, so verliert es nach

Stock und von Coninck[1]) allmählich seine grüne Farbe, nimmt eine orangerothe Färbung an und enthält dann Chromsäure. Versetzt man die Lösung vor dem Erwärmen mit Bleizucker und erhitzt dann, so scheidet sich bei 80° C ein gelber Niederschlag von chromsaurem Bleioxyd aus. Wird Baumwollenzeug in der erwähnten Mischung von chlorsaurem Chromoxyd und Bleizucker getränkt, getrocknet und gedämpft, so geht die ursprünglich graugrüne Farbe des Zeuges in Chromgelb über, welches dem Waschen mit Wasser widersteht und in kochendem Kalkwasser Chromorange liefert.

Das mit dunkelgebrannter Stärke verdickte und auf Baumwolle aufgedruckte chlorsaure Chromoxyd liefert nach Dépierre und Tataninoff[2]) nach dem Abziehen mit Wasserglas und Färben in Garancin das bekannte unbestimmte Roth, dessen Nüance am Besten mit der Farbe der Weinhefe zu vergleichen ist.

Chlorsaures Chromoxyd vermag etwa 1/5 seines Gewichtes frisch gefällten und ausgepreßten Chromoxydhydrates aufzulösen. Das so gebildete basische chlorsaure Chromoxyd liefert unter denselben Verhältnissen dunklere Töne als das neutrale Salz. Im Allgemeinen erhält man mit chlorsaurem Chromoxyd auf diesem Wege sattere Farben als mit salpetersaurem oder essigsaurem Chromoxyd.

Auch ein neues Dampfschwarz haben die Genannten mit Hülfe des chlorsauren Chromoxyds zusammengesetzt und zwar in folgender Weise: 130 Gr. Weizenstärke, 65 Gr. gebrannte Stärke, 0,5 Liter Wasser, 100 Gr. Essigsäure und 400 Gr. Blauholzextract (spec. Gew. 1,1598) werden zusammen verkocht und nach dem Erkalten 200 Gr. basisch-chlorsaures Chromoxyd eingerührt.

Chromblau für Thonwaaren. — Nach G. Bang[3]) erhält man eine rosafarbene Masse, welche Porzellan schön blau färbt, wenn man ein Gemenge von folgender Zusammensetzung an der Luft stark glüht:

15 Thl. Borsäure,
15 „ Thonerde,
20 „ Mangancarbonat,
2 „ Bariumchromat.

1) Dingler pol. Journ. 1877, Bd. 255, S. 296.
2) Das. 1878, Bd. 228, S. 260.
3) Das. 1878, Bd. 229, S. 102.

Zink.

Zinkweiß. — Bei Friedensville südlich von Bethlehem in Pennsylvanien wird Zinkweiß direct aus Erzen (Galmei) und zwar nach dem Verfahren von Whcterill gewonnen. J. Beco[1]) berichtet in einem die Zinkindustrie Amerikas schildernden Aufsatze über den Proceß folgendes:

Das der Zinkweiß-Darstellung, direct aus den Erzen, zu Grunde liegende Princip ist folgendes. Zinkoxyd wird aus den Erzen mit wenig Kohlenwasserstoff abgebender Kohle zu metallischem Zink reducirt, welches durch die gebildete Kohlensäure wieder zu Zinkoxyd oxydirt wird. Diese Reaction geht in Muffelöfen vor sich, deren Boden von einer durchlöcherten Gußeisenplatte gebildet ist. Unter diesen Boden wird Gebläseluft eingeleitet; die Dämpfe werden mittels eines Ventilators durch eine Oeffnung im Muffelgewölbe in die Condensationsapparate gesaugt. Das Zinkweiß wird, nachdem es längere Zeit in den Condensationskammern verweilt hat, in Säcken aufgefangen.

Die Muffelöfen sind entweder einthürige oder zweithürige. Von ersteren sind 32, von letzteren 22 vorhanden. Man zieht die einthürigen Oefen vor, weil ihre Leitung eine leichtere ist und die Arbeit somit regelmäßiger verläuft. Im Gewölbe sind zwei Oeffnungen angebracht, die eine steht mit einer Esse in Verbindung und dient dazu, die Verbrennungsgase der Kohle abzuführen, welche den Ofen erhitzt. Die andere, 450 Millim. im Quadrat, steht mit dem Sammelkanal für die Zinkproducte in Verbindung. Beide können nach Belieben und Bedürfniß verschlossen werden. Der durchbrochene Boden der zweithürigen Oefen ist 3 Meter 05 Centim. lang und 1 Meter 20 Centim. breit, bei den einthürigen Oefen ist er 1 Meter 52 Centim. lang und 90 Centim. breit. Er besteht aus einer Anzahl Gußeisenplatten von 31 Millim. Dicke mit je 40 Löchern. Diese Oeffnungen sind conisch von 9 Millim., 5 und 25 Millim. Durchmesser. Die Höhe des Gewölbes über dem Heerde beträgt 610 Millim. Die Thüren sind 660 Millim. breit und 300 Millim. hoch. Die Dämpfe gelangen in einen Kanal von 1 Meter 85 Centim. Höhe und 1 Meter 22 Centim. Breite, welcher über den Oefen sich hinzieht und bei jedem Ofen um

1) Dingler pol. Journ. 1878, Bd. 229, S. 469.

50 Millim. Höhe zunimmt. Durch ihn ziehen die Dämpfe in eine kleine Regenkammer, aus dieser in einen Thurm von 30 Meter Höhe und 8 Meter Durchmesser an der Basis und aus diesem abwärts durch einen zweiten Thurm von 15 Meter Höhe und 6 Meter Durchmesser. Am Fuße dieses letzten Thurmes befindet sich ein kräftiger Saugventilator. Schließlich gelangt der Zinkoxydstaub in gewisser Höhe über dem Boden in eine große Kühlkammer von 24 Meter 5 Centim. Länge und 12 Meter 25 Centim. Breite und Höhe, aus welcher er durch horizontale Blechröhren in große Säcke abgeleitet wird. Diese Säcke, aus zottigem Zeuge angefertigt, werden um die Sammelröhren angehängt und sind in 3 Kammern zu je 220 Säcken eingeschlossen, so daß also ihre Gesammtzahl 660 beträgt. Jeder Sack hat 10 Meter Länge und 550 Millim. Durchmesser.

Der Gang der Arbeit ist nun folgender. Nachdem die Rückstände von einer vorhergehenden Operation entfernt worden, bringt man eine Lage Anthracitklein auf die durchlöcherte Platte gleichmäßig vertheilt ein und öffnet den Abzug für die Verbrennungsgase. Sobald der Anthracit vollständig in Glut ist, wird das Gemenge von Erz mit Anthracitstaub (2/3 Erz, 1/3 Anthracit) in Mengen von 100 Kilo auf 1 Quadratm. Rostfläche möglichst gleichförmig eingetragen. Zum Anfeuern werden 25 Kilo Anthracit für 1 Quadratm. verbraucht. Die Dauer einer Operation beträgt 4 Stunden. Die Eintragöffnungen bleiben während dieser Zeit mit dem für die folgende Charge bestimmten Anthracit verschlossen. Hauptaugenmerk muß auf die richtige Vertheilung des Unterwindes gerichtet werden und auch auf die Dicke der Erzschicht, die erfahrungsmäßig 150 Millim. nicht übersteigen soll. Der Gehalt des verarbeiteten Erzes beträgt durchschnittlich 20 Proc., der Zinkgehalt der Rückstände 4 bis 6 Proc., kann aber durch besondere Sorgfalt auf 3 Proc. heruntergedrückt werden.

Der chemische Vorgang ist folgender. Durch die Verbrennung der unteren Anthracitschicht bildet sich Kohlensäure, welche durch die fein zertheilte Kohle der Charge in Kohlenoxyd umgewandelt wird. Letzteres reducirt das Zinkoxyd zu metallischem Zink und geht selbst wieder in Kohlensäure über. Durch Einwirkung der letzteren auf das dampfförmige Zink bildet sich dann wiederum Zinkoxyd und Kohlenoxyd. Diese

auf einander folgende Reduction und Oxydation in demselben Ofen ist das Charakteristischste des Wheterill'schen Processes. Daß wirklich die Kohlensäure oxydirend auftritt, geht daraus hervor, daß bei Zutritt von Luft oberhalb der Charge kein Zinkweiß, sondern nur grauer Zinkstaub erhalten wird.

Das gebildete Zinkoxyd wird nun zugleich mit Aschentheilen des Brennmaterials und den Verbrennungsgasen durch den Ventilator in die oben beschriebenen Condensationsvorrichtungen eingeführt. Die Wirkung des Ventilators wird dabei so beschränkt, daß nur die leichten Theile in dem Hauptthurme emporsteigen können. In der großen Kühlkammer setzt sich unreines Zinkoxyd ab, eine weitere Reinigung geht darauf noch in den Blechleitungen vor sich und schließlich bleibt in den Säcken nur reines Zinkweiß in Flocken hängen, während die Gase durch das Gewebe der Säcke entweichen. Das erhaltene Zinkoxyd ist sehr schön und steht unmittelbar hinter dem Blanc de neige der Werke zu Vieille Montagne. Die Productionsfähigkeit der Hütte beträgt jährlich ungefähr 3000 Tonnen bei einem Ausbringen von 20 bis 25 Proc. Das Ausbringen an Zinkweiß ist also dem Gehalt der Erze an Zink ziemlich gleich. Die Kosten der Darstellung sind bedeutend geringer als die des Rohzinkes nach belgischer Methode. Es würde sich also dieses Verfahren besonders da empfehlen, wo es sich darum handelt, bei billigem Brennmaterial arme Galmeie nutzbar zu machen. Ob es für reichhaltige Erze anwendbar ist, muß vorläufig unentschieden bleiben.

Eisen.

Ueber das Krystallinischwerden und die Festigkeitsverminderung des Eisens durch den Gebrauch. — Die Frage, ob das Eisen durch den Gebrauch, bei welchem es Rosten, Erschütterungen, wechselnden Belastungen ausgesetzt ist, seine Structur ändere, krystallinisch werde und infolgedessen an Festigkeit verliere, ist bekanntlich noch keineswegs entschieden. Beiträge zu ihrer Lösung oder auch nur Erörterungen dürften daher immer noch willkommen sein, zumal wenn diese Versuchen entnommen worden sind, welche nur bei ganz selten wiederkehrenden Gelegenheiten angestellt werden können. Solcher Gelegenheiten boten sich dem Prof. Bauschinger

in München zwei dar, über welche er[1]) ausführlich Bericht erstattet.

Bei einer im Sommer 1878 vorgenommenen eingehenden Revision der Bamberger Kettenbrücke, die im Jahre 1829 erbaut wurde, sollten im Hinblick auf die in Rede stehende Frage einige Kettenglieder auf ihre Festigkeit, Elasticität u. s. w. geprüft und in diesen Beziehungen verglichen werden, a) mit einem vorhandenen Reservekettenglied (A), welches mit allen übrigen angefertigt worden, aber seitdem an gut geschützter Stelle und ohne Beanspruchung gelegen hatte; b) mit einem Kettenglied (E), das in demselben Etablissement wie die ganze Brücke im Jahre 1829, jetzt und zwar auf möglichst gleiche Weise hergestellt wurde. Die Zahl der einer Kette der Brücke entnommenen Glieder war drei, das eine (B) lag im Scheitel der Kette, das zweite (C) schloß sich unmittelbar an dieses an, das dritte (D) war das dritte vom Aufhängungspunkt aus. Diese 5 Kettenglieder wurden zur Ermittlung des Elasticitätsmoduls, der Elasticitätsgrenze ꝛc. in der Bauschinger'schen Festigkeitsprüfungsmaschine einer Zerreißprobe unterworfen; die Resultate ergaben indessen keinerlei Anhaltspunkte weder für eine Verminderung der Festigkeit des Eisens noch für eine Aenderung seiner Structur oder seiner Elasticität während eines fast 50jährigen Gebrauches, welchem die drei Kettenglieder B, C, D unterworfen waren.

Im gleichen Sommer 1878 wurden die anfangs der fünfziger Jahre erbauten How'schen Holz-Gitterbrücken auf der bayerischen Allgäubahn (Kempten-Lindau) einer genauern Durchsicht und Prüfung unterworfen. Auch dabei sollte die Frage erörtert werden, ob etwa die Festigkeit der hierbei verwendeten eisernen Hängebolzen durch den Gebrauch, namentlich durch das von Zeit zu Zeit wiederholte stärkere Anziehen der Muttern an den Enden, verringert worden sei. Zu diesem Zwecke wurden aus den untersuchten Brücken Hängebolzen entnommen und an das „Mechanisch-technische Laboratorium der technischen Hochschule München“ zur Prüfung eingesendet. Bei einer dieser Brücken, bei der Waltenkofer, traf es sich nun, daß die Versuche, welche der Oberbaudirector v. Pauli während des Baues der Brücke

---

1) Dingler pol. Journ. 1880, Bd. 235, S. 169.

bei der Anlieferung der Hängebolzen mit einem Theile derselben unter Anwendung der Werder'schen Festigkeitsprüfungsmaschine vorgenommen hat, von ihm veröffentlicht [1]) worden sind. Ein Vergleich der seiner Zeit durch v. Pauli und der neuerdings durch Bauschinger gewonnenen Versuchsresultate ergab, daß die mittlere Festigkeit der nach 25 jährigem Gebrauch geprüften, ungeschweißten Hängebolzen noch dieselbe war wie die der neuen Bolzen, welche v. Pauli im Jahre 1852 untersuchte und daß auch die Structur jener Bolzen eine Veränderung nicht erfahren hatte.

Ueber die Veränderungen, welche das Gießereiroheisen beim Umschmelzen erleidet, hat Professor A. Ledebur [2]) in Freiberg Untersuchungen ausgeführt. Für die meisten Zwecke der Eisengießereien wird ein Gußeisen verlangt, welches durch schneidende Werkzeuge ohne Schwierigkeit bearbeitbar ist, wenig schwindet, die Gußformen scharf ausfüllt und geringe Neigung besitzt, Gase zu lösen. Diese Eigenschaften erlangt dasselbe vornehmlich durch die Gegenwart einer gewissen Menge Graphit, des charakteristischen Bestandtheils des grauen Roheisens überhaupt, und dieser Graphitgehalt verdankt bekanntermaßen sein Entstehen der gleichzeitigen Anwesenheit von Silicium und Kohlenstoff neben einander im Roheisen. Erst durch die Gegenwart des Siliciums wird bei und nach dem Erstarren des Gußeisens Graphit ausgeschieden; siliciumfreies Roheisen behält auch bei langsamster Abkühlung seinen gesammten Kohlenstoffgehalt in gebundener Form bei.

Wenn man nun Gußeisen, welches die oben erwähnten Eigenschaften in erwünschtem Maße besitzt, einem erneuten Schmelzprocesse im Cupol- oder Herdflammofen unterwirft, so ändert sich dasselbe in beachtenswerther Weise. Die Härte nimmt häufig schon nach dem ersten Umschmelzen merkbar zu; ebenso die Schwindung und die Fähigkeit Gase zu lösen; und wie ein Blick auf die Bruchfläche des Gußeisens lehrt, ist die Ursache dieser Veränderungen in einer Abnahme des Graphitgehaltes zu suchen. Das Eisen ist feinkörniger, heller geworden, bei mehrmals wiederholtem Schmelzen wird es schließlich hart,

---

1) Bayersches Kunst- und Gewerbeblatt 1853, S. 4—25.
2) Jahrbuch für Berg- und Hüttenwesen, Freiberg 1880.

spröde, weiß und für die meisten Zwecke der Gießerei unbrauchbar.

Bekanntlich wendet man nun in den Eisengießereien ein sehr einfaches Mittel an, um trotz dieser Einflüsse des Umschmelzprocesses das schon benutzte Gußeisen, bestehend in Abfällen, Ausschußstücken, zerbrochenen Gußtheilen und dergleichen, oder auch graphitärmeres Roheisen überhaupt verwendbar zu machen; man setzt beim Schmelzen so viel graphitreicheres Roheisen — Roheisen Nr. I genannt — zu, daß die Graphitabnahme dadurch ausgeglichen wird und das geschmolzene Gemisch wieder die richtige Beschaffenheit erlangt. Durch die Erfüllung dieser Aufgabe, die Abnahme des Graphitgehalts beim Umschmelzen von Gußeisen auszugleichen, wird jenes graphitreiche, grobkörnige Gießereiroheisen zu einem unentbehrlichen Materiale der Eisengießereien; und da die Herstellungskosten und der Verkaufspreis desselben höher sind als diejenigen graphitärmerer Roheisensorten, man also bei der Verwendung desselben gern möglichst sparsam zu Werke geht, so wird von zwei verschiedenen Sorten solchen Roheisens offenbar dasjenige für die Gießerei das geeignetere sein, von welchem der geringere Zusatz für Erreichung des Zwecks ausreicht.

Da, wie schon oben hervorgehoben wurde, die Graphitbildung die Folge eines Siliciumgehalts im Roheisen ist, so könnte man auf die Vermuthung kommen, daß allein ein möglichst hoher Siliciumgehalt des Zusatzroheisens — der sich bekanntermaßen auf 10 Proc. und darüber steigern läßt — ausreichend sein müsse, es für den genannten Zweck geeignet zu machen, mit andern Worten, daß der Werth des Gießereiroheisens stetig mit dem Siliciumgehalte zunehmen müsse. Das ist jedoch nicht der Fall. Steigt der Siliciumgehalt im Roheisen über eine gewisse Grenze — man wird durchschnittlich 3 Proc. annehmen können — so verringert sich dadurch merklich die Fähigkeit des Eisens Kohlenstoff aufzunehmen und in Folge davon mit dem totalen Kohlenstoffgehalte auch der Graphitgehalt; solche übermäßig siliciumreiche Roheisensorten würden deshalb nur als Zusatz zu sehr kohlenstoffreichem Roheisen brauchbar sein, welches in den Gießereien, zumal unter dem bereits umgeschmolzenen Eisen, nicht gerade häufig ist. Es möge hierbei außerdem darauf hingewiesen

werden, daß ein großer Siliciumgehalt auf die Festigkeit des Gußeisens merkbar nachtheilig einwirkt, selbst die Härte desselben unmittelbar steigert und man deshalb in Gußwaaren nicht gern mehr als 1,5 bis höchstens 2 Proc. Silicium sieht.

Auffallender Weise zeigen nun aber verschiedene Roheisensorten von gleichem Silicium- und Graphitgehalte doch nicht immer ein gleiches Verhalten beim Umschmelzen. Die einen verlieren rascher ihren Graphitgehalt und nehmen in Folge dessen auch rascher an Härte zu als die anderen; und in demselben Verhältnisse sind sie deshalb weniger als diese letzteren geeignet, als Zusatzmaterial zu schon umgeschmolzenem Gußeisen oder zu graphitärmerem Roheisen benutzt zu werden. Eine Kenntniß der Ursachen dieses abweichenden Verhaltens verschiedener Roheisensorten mit ursprünglich gleichem Graphitgehalte muß aber für den Producenten von Gießereiroheisen von Wichtigkeit sein. Dieselbe läßt sich nur durch ein sorgfältiges Studium der Einflüsse erlangen, welche der Schmelzproceß im Cupolofen auf die chemische Beschaffenheit dieser verschiedenen Roheisensorten ausübt.

Prof. A. Ledebur hat diese Einflüsse einer eingehenden Untersuchung unterworfen, indem er drei verschiedene Roheisensorten in der Gutehoffnungshütte zu Sterkrade wiederholte Male hintereinander dem Umschmelzen aussetzen ließ, und von jedem Gusse eine Probe zur Untersuchung nahm.

Jede der 3 Roheisenorten wurde solcherart im Ganzen vier Male umgeschmolzen; die Versuche noch weiter auszudehnen, erschien unnöthig, da der Hauptzweck der Versuche, die chemischen Veränderungen des Gußeisens beim Cupolofenschmelzen zu studiren, durch ein viermaliges Schmelzen ausreichend genau erreicht werden konnte.

Die 3 zu den Versuchen benutzten Roheisensorten waren Coltneß I, Gutehoffnungshütte I (aus den Hochöfen zu Oberhausen) und ein graues Roheisen aus Gleiwitz, welches bei dem Betriebe auf Puddelroheisen gefallen war.

Das Coltneßroheisen bildet bekanntlich ein auch in deutschen Gießereien vielfach benutztes vortreffliches Material für Gußwaaren mannigfacher Art.

Aus schottischen gerösteten Kohleneisensteinen mit rohen Steinkohlen erblasen besitzt es die Eigenschaft, auch bei wieder-

holtem Umschmelzen grau und leicht bearbeitbar zu bleiben, wenig zu schwinden, zeigt geringe Neigung zum Auflösen von Gasen, schmilzt dünnflüssig ein und besitzt in Gußstücken eine mittlere Festigkeit und besonders eine große Widerstandsfähigkeit gegen Zerspringen unter der Einwirkung plötzlicher Erschütterungen oder Stöße.

Das Gutehoffnungshütter Roheisen wird aus einer Gattirung von Nassauer Rotheisenerzen, Essener Kohleneisenerzen und Holländer Rasenerzen unter Zuschlag von Kalkstein mit westphälischen Cokes bei einer Windtemperatur von 450 ° C erblasen.

Das Gleiwitzer Roheisen entstammt einer Gattirung von Brauneisenerzen, Sphärosideriten und Schweißofen- oder Puddelschlacken und wird mit schlesischen Cokes bei einer Windtemperatur von 300 ° C erzeugt. Der Wunsch Roheisensorten mit erheblich abweichendem Mangangehalte den Versuchen zu unterwerfen, veranlaßte die Zuziehung dieses manganreichern Gleiwitzer Roheisens, welches, obschon nicht für die Gießerei bestimmt, im Aeußern alle Merkmale eines grobkörnigen Gießereiroheisens besaß und seitens der Königlichen Hüttenverwaltung bereitwilligst für den vorliegenden Zweck überlassen wurde. Sämmtliche Gußeisensorten zeigten sich nach dem vierten Umschmelzen auch in dünnen Querschnitten (30 Millim. × 10 Millim.) noch grau und bearbeitbar. Am wenigsten hart erwies sich Coltneß, am härtesten Gutehoffnungshütte, doch war der Unterschied nicht beträchtlich.

Indem wir bezüglich der Details der analytischen Resultate auf das Original verweisen, sei hier nur bemerkt, daß sich bei allen drei Roheisensorten eine stetige Abnahme sowohl des Kohlenstoffgehaltes als auch des Silicium- und Mangangehaltes constatiren ließ. Diese Abnahme betrug in allen vier Schmelzen zusammen

	an C	an Si	an Mn
bei Coltneß	0,57 Proc.	0,44 Proc.	0,81 Proc.
„ Gutehoffnungshütte	0,61 „	0,51 „	0,64 „
„ Gleiwitz	0,84 „	0,19 „	1,35 „

Weiter zeigte sich, daß die Verringerung des Mangangehaltes im geraden Verhältnisse zu der ursprünglichen Menge desselben (welche im Coltneß 1,27, im Gutehoffnungshütter 0,77, im

Gleiwitzer 2,08 Proc. betrug), die Verminderung des Silicium- und Kohlenstoffgehaltes aber im umgekehrten Verhältnisse zu dem ursprünglichen Mangangehalte stand, und es läßt sich sonach folgern, daß der Silicium- und der Mangangehalt des Roheisens beim Umschmelzen desselben durch Anwesenheit von Mangan vor Verbrennung geschützt werden kann.

Ledebur hält diesen Einfluß des Mangans für beachtenswerth bei der Darstellung des Gießereiroheisens; denn von zwei Sorten grauen Roheisens mit gleichem Silicium- und Kohlenstoffgehalt wird bei wiederholtem Umschmelzen offenbar das manganreichere länger als das manganärmere grau bleiben. Solange deshalb der Mangangehalt im Gießereiroheisen eine gewisse Grenze nicht übersteigt, bei welcher die unmittelbaren Einflüsse desselben — Steigerung der Härte, Sprödigkeit, Schwindung und der Fähigkeit, Gase zu lösen — allzu merklich werden, muß derselbe als wohlthätig für die Eigenschaften des zum Umschmelzen bestimmten Roheisens bezeichnet werden. Ledebur ist überzeugt, daß die gerühmte Güte des schottischen Gießereiroheisens zum großen Theile dem niemals fehlenden Mangangehalte desselben von durchschnittlich 1,5 Proc. zuzuschreiben ist. (An Kohlenstoff wurden in dem Coltneß 4,06, an Silicium 2,52 Proc. gefunden). Wenn unsere deutschen Hochöfen wieder ein für die gewöhnlicheren Zwecke dem schottischen ebenbürtiges Gießereimaterial liefern wollen, so müssen sie daher darnach trachten, ihrem Roheisen nicht allein einen gleichen Silicium- und Kohlenstoffgehalt, wie im schottischen Roheisen, sondern auch einen gewissen Mangangehalt zu verleihen.

Jene Grenze, über welche hinaus ein Mangangehalt des als Zusatzmaterial beim Umschmelzen bestimmten Roheisens eher nachtheilig als vortheilhaft wirkt, ist offenbar zum Theil von dem Mangangehalte des mit verschmolzenen Brucheisens abhängig; in Rücksicht auf den Umstand jedoch, daß bei Anwendung manganreicheren Roheisens auch bald der durchschnittliche Mangangehalt des in der Gießerei fallenden Brucheisens zunehmen wird, dürfte es räthlich sein, in keinem Falle über 2 Proc. Mangan des Zusatzroheisens hinauszugehen.

Gewinnung phosphorfreien Bessemerstahls aus phosphorhaltigem Roheisen nach Thomas

und Gilchrist. — Wir haben bereits im vorigen Jahrgange (S. 352) des Verfahrens von Thomas und Gilchrist Erwähnung gethan, welches gestattet, aus einem phosphorhaltigen Roheisen mittels des Bessemerprocesses oder des Siemens-Martinschen Processes einen fast phosphorfreien Stahl zu gewinnen. Als Kernpunkt des Verfahrens wurde die Herstellung eines feuerbeständigen, stark basischen Ofenfutters bezeichnet, welches die Erzeugung einer basischen Schlacke gestattet; denn bei einem hohem Gehalt der Schlacken an Kieselsäure verdrängt diese die schwächere Phosphorsäure, letztere wird reducirt und ihr Phosphorgehalt geht in das Eisen über. Da das Thomas-Gilchrist'sche Verfahren im Laufe des vergangenen Jahres auch auf vielen deutschen Hütten eingeführt worden ist und eine außerordentliche Bedeutung zu erlangen verspricht, so mögen hier einige ergänzende Mittheilungen über dasselbe Platz finden.

Zufolge der Angaben von Thomas [1]) darf die im Bessemer-Converter resultirende Schlacke höchstens 35 Proc. Kieselsäure enthalten, doch ist es besser, wenn der Kieselsäuregehalt die Höhe von 20 Proc. nicht erreicht. Dies läßt sich durch basische Zuschläge erzielen, die man in Form von Kalk oder Eisenoxyd (Eisenerz oder die beim Rösten von Eisenkies bleibenden Rückstände) anwendet. Zur Herstellung eines so basischen Schlacken widerstehenden Ofenfutters werden 100 Gewichtstheile gemahlenen, gebrannten Kalkes mit etwa 9 Gewichtstheilen (5 bis 15) Kali- oder Natron-Wasserglaslösung von 1,5 spec. Gewicht in einer Stampfmühle oder in einem Mörser innig gemischt. Auch läßt sich ein inniges Gemenge von 100 Kalk mit 5 bis 15 Thon oder ein Gemenge von 100 Kalk mit 10—20 gemahlener Hochofenschlacke oder ein Gemenge von 80—85 Theilen Kalk mit 5 Theilen Wasserglaslösung und 10 Theilen Thon oder Hochofenschlacke vortheilhaft verwenden. Sämmtliche Mischungen werden entweder im feuchten Zustande in der Weise eingestampft, wie die Bessemerbirnen jetzt gewöhnlich ausgefüttert werden, oder es können aus diesen Mischungen Ziegel geformt werden; doch eignet sich zum Einstampfen am besten ein Gemenge von Kalk mit 10—15 Proc. Wasserglaslösung, während zu Ziegeln besser das aus Kalk

1) D. R. P. Nr. 6080.

mit Thon oder Schlacke bereitete Gemenge verwendet wird. Auch die in die Birne einzusetzenden Düsen werden annähernd aus denselben Materialien hergestellt; insbesondere empfiehlt sich hierzu das angegebene, aus Kalk, Natronwasserglaslösung und Thon bereitete Gemenge. Das Formen der Ziegel und Düsen erfolgt unter Anwendung beträchtlichen Druckes. Dieselben werden dann bei gelinder Wärme getrocknet und schließlich bei einer intensiven Weißglühhitze gebrannt. Nur die aus Kalk und Natronsilicat gemachten Ziegel sollen nicht gebrannt sondern nur bei mäßiger Hitze getrocknet werden. Es hat sich gezeigt, daß ein höherer als 12 Proc. betragender Gehalt an Kieselsäure in der getrockneten, jedoch nicht calcinirten Mischung nicht nur dem feuerbeständigen Character derselben, sondern auch der Bildung einer basischen Schlacke hinderlich ist.

Den Verlauf des Prozesses selbst, wie er im Mai 1879 zu Middlesborough innegehalten wurde, beschreibt Gregor [1]) wie folgt:

Das Roheisen, direct aus dem Hohofen oder Cupolofen entnommen (5 Tons 18 Centr.) wurde in den leeren, vorher gut angewärmten und mit den erwähnten, basischen Ziegeln ausgemauerten Sieben-Ton-Converter ausgegossen und unmittelbar darauf das ganze, 20 Procent des Eiseneinsatzes betragende Quantum basischer Zuschläge nachgestürzt. Diese letzteren bestanden in einem Product, das durch Calciniren eines Gemenges von 100 Theilen zerkleinertem Kalkstein mit circa 26 Theilen Eisenoxyd (abgebrannter Eisenkies) erhalten war. Gleich darauf begann das Blasen. Das Silicium geht sofort und mit constanter Geschwindigkeit, die sich nur in der letzten Periode verringert, aus dem Eisen; der Kohlenstoff widersteht während drei Blaseminuten dem Gebläse, dann geht er mit gleicher Geschwindigkeit wie das Silicium aus dem Eisen. Nur der Phosphor rührt sich nicht eher, als bis der Kohlenstoff von $3\frac{1}{2}$ Proc. auf den ursprünglichen Phosphorgehalt im Eisen, d. i. $1\frac{1}{2}$ Proc. angelangt ist; erst dann und zwar in den letzten 6 Blaseminuten entschließt er sich zu weichen. In dem Augenblicke, wo sämmtlicher Kohlenstoff aus dem Eisen gebrannt und wo im alten Bessemerproceß die Charge fertig ist, ist der

1) Deutsche Industriezeitung 1879, S. 292.

Phosphorgehalt noch 1 Proc. Nun beginnt das charakteristische Stadium des „Nachblasens". Beim alten Proceß würde durch dieses „Nachblasen" oder wie es dort heißt: „Ueberblasen," ein Verbrennen des Eisens und ein völliger Verlust der Charge bewirkt werden. Der Moment kündigt sich durch ein plötzliches Verschwinden der Kohlenflamme und, durch das Spectroskop beobachtet, durch das plötzliche Verschwinden der grünen sogen. Roscoe'schen Linien an. Bei dem Thomas-Gilchrist'schen Proceß dagegen verhindert die Gegenwart des Phosphors das Verbrennen des Eisens, trotzdem noch $1^3/_4$ bis 3 Minuten lang nachgeblasen wird. In dieser Zeit verschwindet der Phosphor rapide und bleibt nur noch bis auf ein Minimum im Eisen zurück. Sobald durch die in dieser Periode genommenen Schöpf-, Hammer- und Bruchproben die Qualität des Metalls constatirt ist, wird schließlich nach Stillstand des Gebläses der erforderliche Spiegeleisenzusatz gemacht, welcher bei der beschriebenen Charge $9^1/_2$ Proc. Spiegeleisen mit 20 Proc. Mangangehalt betrug. Unmittelbar darauf erfolgt der Ausguß in die bereitstehenden Ingotformen. Das fertige Product sind dann die Stahlblöcke, aus denen ohne weitere Zwischenoperation als die der Erwärmung die Schienen 2c. gewalzt werden.

Das auf den Eston-Stahlwerken entphosphorte Roheisen ist sogen. „foundry forge" Nr. 4 mit $3^1/_2$ Proc. Kohlenstoff, 3 Proc. Silicium und $1^1/_2$ Proc Phosphor, aus welchem ein Metall mit weniger als 0,04 Proc. Phosphor erzeugt wurde.

Nach Thomas ist es oft wünschenswerth, daß die phosphorhaltige Schlacke vor dem Zusatz des Spiegeleisens abgestochen werde. Dies kann bequem in die Gießkelle geschehen, welche ziemlich groß sein soll.

Der Verlauf des Processes, wie er auf den Werken in Hörde[1]) jetzt durchgeführt wird, ist folgender:

Die ganze Menge des für eine Charge erforderlichen Zuschlags bringt man unmittelbar nach dem Ausgießen der vorhergehenden Charge, mit einer geringen Menge Gruskohlen und Coke vermischt, in den Converter und erhitzt durch schwaches Blasen die Zuschläge bis zu heller Rothglut. Der Zuschlag besteht hier aus gebranntem Kalk, welcher möglichst kieselsäure-

1) Deutsche Industriezeitung 1880, S. 25.

frei sein muß und weder Wasser noch Kohlensäure enthalten soll. Durch diese so einfache und billige Art des Vorwärmens wird das durch Anziehen von Feuchtigkeit aus der Luft etwa gebildete Hydrat zerlegt, und es werden so Explosionen, die unter anderen Umständen leicht eintreten, mit völliger Sicherheit vermieden. Sobald das Roheisen niedergeschmolzen ist, wird dasselbe in den Converter eingeführt und mit dem Blasen begonnen. Bei dem siliciumarmen Roheisen, mit welchem man in Hörde arbeitet, ist der Verlauf der Chargen wesentlich verschieden von dem gewöhnlicher Bessemerchargen. Die Periode der Siliciumverbrennung wird auf ein Minimum reducirt und das volle Spectrum kommt bald zum Vorschein. Es beginnt nun nach dem Verschwinden der leuchtenden Flamme der eigentliche Entphosphorungsproceß durch das Nachblasen der Charge. Die Dauer der Chargen bis zur Beendigung des gewöhnlichen Processes beträgt je nach dem Siliciumgehalt und Kohlenstoffgehalt des verwendeten Roheisens 8 bis 10 Minuten. Die Dauer des Nachblasens ist abhängig von dem Phosphorgehalt des zu verwendenden Rohmaterials; dieselbe schwankt zwischen $1^2/_3$ bis 4 Minuten. Es werden gewöhnlich bei dem Nachblasen zwei Metallproben genommen, unterm Hammer ausgeschmiedet und gebrochen, um aus dem Gefüge auf den Grad der Entphosphorung zu schließen. Dem fertiggeblasenen Metall werden alsdann in gewöhnlicher Weise die erforderlichen Mengen Spiegeleisen oder Ferromangan zugesetzt. Die Gesammtdauer einer Charge einschließlich des Probenehmens und Gießens übersteigt nicht 30 Minuten.

Was die Kosten des Processes betrifft, so werden sich dieselben im regulären Betriebe nicht erheblich höher stellen, als beim alten Bessemerproceß. Dieselben bestehen wesentlich in dem Aufwand für Kalk, welcher sich pro 1000 Kilogr. Ingots auf ca. 1,5 bis 1,8 M. beläuft, und in den Mehrkosten für feuerfestes Material, welche auf etwa 1 bis 1,5 M. veranschlagt werden können. Dagegen ist der Windverbrauch und damit der Kohlenaufwand für den Gebläsebetrieb bei der kurzen Dauer der Chargen geringer als beim gewöhnlichen Bessemerbetrieb.

Entphosphorung des Roheisens[1]) — Seit einigen

---

1) Deutsche Industriezeitung 1880, S. 176.

Wochen bemerkt R. v. Wagner im Polyt. Journ., bringen die Tagesblätter Notizen über ein neues Verfahren der Entphosphorung des Roheisens, das von einem englischen Eisenhüttentechniker, Namens C. Bull, gefunden worden sein soll. Dasselbe beruht darauf, daß der Phosphor in Phosphorwasserstoff verwandelt wird, und soll sich bei den jetzt gemachten Versuchen als praktisch bewährt haben. Das einfache Verfahren besteht darin, daß in das flüssige Roheisen in der Bessemerbirne, nachdem der Kohlenstoff, das Silicium &c. durch den oxydirenden Luftstrom aus dem Metall entfernt sind, ein mit heißer Luft gemischter Dampfstrahl eingetrieben wird, wobei sich der Wasserdampf zersetzt, der Wasserstoff mit dem Phosphor verbindet und Phosphorwasserstoff bildet, welcher in Dampfform entweicht.

Wenn sich das Verfahren, wie der Entdecker behauptet, bewährt, so würde es in Folge der geringen Kosten, welche es verursacht, ganz besonders für die deutsche Stahlindustrie, welche an phosphorhaltigem Roheisen bekanntlich keinen Mangel hat, von der größten Wichtigkeit sein und wahrscheinlich erfolgreich mit dem Thomas-Gilchrist-Processe concurriren können. Hierbei sei erwähnt, daß Prof. Winkler in Freiberg in der ersten Abtheilung seiner „Anleitung zur Untersuchung der Industriegase" (Freiberg 1876 S. 6) den dem neuen Verfahren zu Grunde liegenden Gedanken — Zerfallen des Bessemerprocesses in zwei Phasen, nämlich in eine erste, welche die Verbrennung des Kohlenstoffs und des Siliciums durch den Luftsauerstoff bewirkt, und in eine zweite, bei welcher hochgespannter Wasserdampf durch die Metallsäule gepreßt wird, der aus dem vorhandenen Phosphoreisen den Phosphor in Gestalt von Wasserstoffverbindungen entfernt — bereits in klarster Weise ausgesprochen hat.

Krystallisirtes Berliner Blau. Uebergießt man frisch gefälltes Berliner Blau nach Gintl[1]) mit concentrirter Salzsäure, so findet bei Anwendung eines mäßigen Säureüberschusses in gelinder Wärme, bei Anwendung eines größeren Ueberschusses aber auch schon in der Kälte völlige Lösung des Berliner Blaues statt, und es resultirt eine schwach gelb gefärbte Lösung, die auf Zusatz von Wasser wieder Berliner Blau

1) Chem. Centralblatt 1880, Bd. 11, Nr. 23.

abscheidet. Läßt man eine so erhaltene Lösung bei gewöhnlicher Temperatur verdunsten, oder bietet man ihr Gelegenheit durch Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Atmosphäre eine allmähliche Verdünnung zu erfahren, so scheidet sich das gelöste Berliner Blau in Gestalt eines krystallinischen Sedimentes ab, das im reflectirten Lichte prächtigen Kupferglanz zeigt, sodaß mit dünnen Schichten dieses Sedimentes überdeckte Glasflächen einem Kupferspiegel ähnlich erscheinen. Bei mäßiger Vergrößerung betrachtet, erscheint dieses Sediment als aus regelmäßigen Krystallindividuen bestehend, welche mit intensiv blauer Farbe durchscheinen und, im reflectirten Lichte gesehen, prächtig kupferroth schimmern. Aus dem Umstande, daß die Krystalle in allen Lagen dem Beobachter quadratische Flächen zukehren und überdies gegen polarisirtes Licht sich völlig indifferent zeigen, muß, was bei der Kleinheit der Krystalle durch directe Messung nicht constatirbar war, geschlossen werden, daß die Krystalle Hexaëder darstellen. Leider gelang es dem Verfasser bisher nicht, Krystalle von solchen Dimensionen zu erhalten, welche eine genaue krystallographische Bestimmung, sowie eine Bestimmung des Härtegrades und der Dichte zugelassen haben würden, doch unterliegt es keinem Zweifel, daß bei Ausführung des Versuchs in größeren Dimensionen und entsprechend langsamer Führung des Verdunstungs- oder Verdünnungsprocesses, die Herstellung dieser Krystalle auch in größeren Dimensionen möglich sein wird, und es genügt die angeführte Thatsache zunächst für die Führung des Nachweises, daß das Berliner Blau als eine krystallisirbare Substanz angesehen werden darf. Von weit größerem Interesse als dies ist jedoch der Umstand, daß sogen. Turnbull-Blau, d. h. der aus Eisenoxydullösungen durch Ferridcyankalium fällbare Niederschlag, der sich gegen Salzsäure gleich dem Berliner Blau verhält, aus solchen Lösungen in gleichen Krystallen abgeschieden werden kann, wodurch ein weiterer Grund gewonnen ist, der zu Gunsten der bereits mehrfach ausgesprochenen Ansicht spricht, daß Berliner Blau und Turnbull-Blau völlig identische Verbindungen sind.

Wie bei der Löslichkeit der beiden blauen Niederschläge in Salzsäure nicht anders zu erwarten, entsteht in mit genügendem Salzsäureüberschuß versetzten Eisenoxydlösungen auf Zusatz einer gleichfalls salzsauren Lösung von Ferrocyankalium,

ebensowenig ein Niederschlag als unter gleichen Verhältnissen ein solcher bei Einwirkung von Ferridcyankaliumlösung auf Eisenoxydullösungen erhalten werden kann, vielmehr entstehen in beiden Fällen blaßgelbe Lösungen, die erst bei Verdunstung des Säureüberschusses oder allmäliger Verdünnung dasselbe krystallinische Sediment abscheiden, wie es aus den Lösungen der Niederschläge selbst erhalten werden kann. Beobachtet man bei der Vermischung einer Lösung von Eisenchlorür in Salzsäure mit einer salzsauren Lösung von Ferridcyankalium die Färbung der Flüssigkeit, so kann man in höchst auffälliger Weise beobachten, wie im Momente der Vermischung beider Flüssigkeiten die charakteristische Färbung der Ferridcyankaliumlösung verschwindet und einer gelben Färbung Platz macht, wie sie auch die Mischung von Eisenchlorid mit Ferrocyankalium in salzsaurer Lösung zeigt, und man kann endlich unmittelbar nach erfolgter Vermischung mittels Rhodankalium in der Lösung die Gegenwart von Eisenchlorid nachweisen. Es spricht dieses Verhalten in unzweifelhafter Weise dafür, daß bei der Reaction von Ferridcyankalium auf Eisenoxydulsalze zunächst eine Oxydation des Eisenoxydulsalzes auf Kosten des Ferridcyankaliums erfolgt und daß sodann erst die Bildung des Eisenferrocyanids eintritt, sodaß demnach ein weiterer Anhaltspunkt zu dem Schlusse sich ergiebt, daß Berliner-Blau und Turnbull-Blau identische Körper sind.

Quecksilber.

Zur Reinigung des Quecksilbers von fremden Metallen sind verschiedene Vorschläge gemacht worden. J. W. **Brühl**[1]) empfiehlt stark verunreinigtes Quecksilber, z. B. das zur Amalgamirung der Zinkplatten einer Grove'schen Batterie gedient habende, in einer Flasche mit einem Gemisch von 1 Liter Wasser, 5 Gr. Kaliumbichromat und einigen Cubcentim. Schwefelsäure tüchtig zu schütteln. Das Metall zerfällt in kleine Kügelchen, während ein sehr kleiner Theil desselben sich vorübergehend in rothes Chromat verwandelt. Man bewegt die Flasche so lange bis dieses rothe Pulver verschwunden ist und die wässerige Lösung durch das gebildete Chromsulfat rein grün gefärbt erscheint. Ein feines graues

1 Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1879, Bd. 12, S. 204.

Pulver, welches auf der Oberfläche des Quecksilbers und zwischen den Kügelchen vertheilt liegt und aus den Oxyden der Metalle besteht, wird durch einen kräftigen Wasserstrahl abgeschlemmt. Das Verfahren wirkt nach Brühl energischer und rascher als die Waschungen mit Salpetersäure oder Eisenchloridlösung, eignet sich daher besonders zur Reinigung stark verunreinigten Quecksilbers. Die Verluste an Quecksilber sollen nicht erheblich sein, wenn man die Chromsäure nicht in zu großer Menge anwendet.

Lothar Meyer[1]) beschreibt einen Apparat, welcher die Waschung des Quecksilbers mit einer mäßig verdünnten Lösung von käuflichem krystallisirten Eisenchlorid sehr erleichtert. Aus einem mit Hahn und engem Abflußrohr versehenen Glastrichter fließt das zu reinigende Quecksilber in sehr feinem Strahle in ein vertikal stehendes 1 bis 1½ Meter langes, etwa 3 Centim. weites, mit Eisenchloridlösung gefülltes Rohr, dessen unteres, schräg abgeschnittenes Ende in einem wenig weiteren Cylinder durch Quecksilber abgesperrt ist. Dieser Cylinder muß $^1/_{10}$ der Höhe des Glasrohrs haben, damit das in ihm befindliche Quecksilber der Eisenchloridlösung das Gleichgewicht hält. Der Cylinder hat in der Nähe des oberen Randes ein seitliches Abflußrohr, durch welches das Quecksilber, nachdem es die Eisenchloridlösung passirt hat, rein und trocken in ein Standgefäß gelangt. Der Apparat hat den Vorzug, daß er sehr leicht herzustellen ist und seine Benutzung sehr wenig Aufsicht und Arbeit erfordert.

Nach Meyer bewährt sich die Verwendung einer Eisenchloridlösung in dem beschriebenen Apparate besser als die Verwendung einer verdünnten Salpetersäure. Die oben erwähnte Brühl'sche Chromsäurelösung läßt sich in diesem Apparate nach Brühl's[2]) Angabe nicht mit Vortheil verwenden, da das Quecksilber hier einem zu großen Ueberschuß von Chromsäure begegnen und somit der Verlust an Quecksilber in Folge der Bildung von Quecksilberchromat zu groß ausfallen würde.

Pfaundler[3]) beschreibt einen Quecksilberfiltrirapparat, welcher dazu dient, das Quecksilber von Staub zu befreien und

---

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1879, Bd. 12, S. 437.
2) Das. 1879, Bd. 12, S. 576.
3) Dingler pol. Journ. 1879, Bd. 233, S. 42.

in welchem dasselbe mittelst seines eigenen Bodendruckes durch sämisch gares Leder hindurch gepreßt wird. An das obere Ende einer dünnen eisernen Röhre ist ein trichterförmiges Glas gekittet; an das untere Ende des Rohres schließt sich ein mit Gewinde versehener Fortsatz an, eine Ueberwurfschraube bildet den Abschluß; einige Scheibchen aus sämisch gegerbtem Leder sind zwischen Fortsatz und Schraube so eingeklemmt, daß das in das Rohr eingegossene Quecksilber wohl durch die Poren des Leders, nicht aber an den Rändern vorbei dringen kann.

A. Weinhold [1]) beschreibt einen von ihm construirten, neuerdings hauptsächlich nach Bosscha's Vorschlägen verbesserten Apparat zur Destillation von Quecksilber, der durch den Glasbläser Götze in Leipzig zu beziehen ist. Wir verweisen bezüglich der Beschreibung des Apparates auf die mit Abbildung versehene Originalabhandlung.

Knallquecksilber. — Berthelot und Vieille [2]) haben die explosiven Eigenschaften des Knallquecksilbers einer speciellen Prüfung unterworfen. Dasselbe wird bekanntlich gegenwärtig als ein Nitro-Methylcyanür angesprochen, in welchem zwei Wasserstoffatome durch ein Quecksilberatom ersetzt sind ($CNO_2 . Hg . CN = C_2N_2HgO_2$). Die Genannten überzeugten sich, daß sich das Knallquecksilber bei der Explosion in Kohlenoxyd, Stickstoff und Quecksilberdampf zersetzt und zwar entsprechend der Gleichung:

$$C_2N_2HgO_2 = 2\,CO + N_2 + Hg.$$

Die Dichte des Knallquecksilbers fanden Berthelot und Vieille = 4,42. Dieselben bestimmten auch die bei der Explosion entwickelte Wärme und den bei der Explosion in geschlossenen Gefäßen erzeugten Druck. Sie fanden, daß die entwickelte Wärme ausreicht, um die gasförmigen Zersetzungsprodukte auf 4200° C zu erwärmen.

Zur Bestimmung des durch die Explosion ausgeübten Druckes wurden Quantitäten von 2 bis 10 Gr. Knallquecksilber in einem Stahlgefäße von 24,3 Cubcentim. Inhalt entzündet, und zwar wurde die Patrone zur Vermeidung jeder Contactwirkung im Centrum des Gefäßes aufgehängt. Der

1) Dingler pol. Journ. 1879, Bd. 234, S. 211.
2) Comptes rendus t. 90, p. 946.

unter solchen Umständen auf die Gefäßwand ausgeübte Druck wurde nur etwa halbsogroß gefunden, als der unter gleichen Umständen durch die Explosion von Schießbaumwolle hervorgebrachte; gleichwohl sind die lokalen Wirkungen, welche das explodirende Knallquecksilber auf die mit ihm in Contact befindlichen festen Körper ausübt, weit heftiger als die durch andere explosive Stoffe zu erzielenden. Nach Berthelot und Vieille ist daher die charakteristische, beim Contact ausgeübte, energische Wirkung des Knallquecksilbers weder durch die Menge der gebildeten Gase noch durch die Menge der entwickelten Wärme, sondern durch die Umstände bedingt, daß die Zersetzung des Knallquecksilbers fast momentan vollständig erfolgt und die entstehenden Produkte weder eine Dissociation noch die Bildung einer Verbindung zulassen, durch deren Entstehen die Heftigkeit des ersten Impulses gemäßigt werden könnte. In Folge der Plötzlichkeit der Detonation übt das in einem geschlossenen Gefäße explodirende und mit der Gefäßwand in Berührung stehende Knallquecksilber auf letztere im ersten Moment einen augenblicklichen Druck aus, welcher weit größer ist als der durch die Capacität des Gefäßes bedingte mittlere Druck.

Ueber die Fabrikation des Knallquecksilbers hat H. Josten in einer ausführlichen Abhandlung [1]) über die Fortschritte der Zündmittel für Feuerwaffen einige Mittheilungen gemacht. Von außerordentlicher Wichtigkeit ist die völlige Reinheit der verwendeten Rohmaterialien. Die Manipulationen werden in einem geräumigen, gut ventilirten Schuppen, dessen Wände zur Unterstützung des Luftwechsels von Latten gebildet sind, vorgenommen. Die Auflösung des Quecksilbers mittelst Salpetersäure wird in Glaskolben vorgenommen. Der Lösungsproceß wird in der Kälte eingeleitet und in der Wärme zum Abschluß gebracht. Das Erhitzen der Glaskolben wird über Holzkohlenfeuer in einem gußeisernen, an der Vorderseite mit Schiebfenstern versehenen Ofen bewirkt. Ein an diesen sich anschließender, kurzer, ebenfalls aus Gußeisen hergestellter Schornstein steht mit einem kräftig saugenden Roots'schen Gebläse in Verbindung, welches die entweichenden Gase

1) Dingler pol. Journ. 1878, Bd. 228, S. 518.

in einen mit Kalkmilch angefüllten Behälter treibt. Nach erfolgter Auflösung des Quecksilbers entnimmt man die Kolben dem Feuer, läßt sie abkühlen und mischt die Lösung mit Spiritus. Als Mischgefäße dienen in neuerer Zeit gewöhnliche Schwefelsäure- oder Salpetersäure-Ballons, an welche behufs der Condensation der entweichenden Dämpfe große birnförmige, gläserne Kühlflaschen angeschlossen werden. Letztere werden während der Operation beständig von kaltem Wasser überrieselt. In die Ballons, die nur etwa auf $^1/_{18}$ ihres Volums mit Flüssigkeit angefüllt werden dürfen, bringt man zunächst den Weingeist und läßt darnach mittelst eines Trichters mit engem Rohr die abgekühlte Quecksilberlösung so einfließen, daß der Strahl möglichst die Mitte der Flüssigkeit im Ballon trifft. Die Reaction beginnt sofort und nimmt einen stürmischen Charakter an. Die in den vorgelegten Kühlflaschen sich condensirende Flüssigkeit fließt aus diesen beständig ab, und rieselt über eine in einem Fasse sich befindende Kalkschicht um hier entsäuert zu werden. Von hier aus gelangt sie in einen Vorrathsbehälter; sie wird, wenn sich genügende Mengen angesammelt haben zur Wiedergewinnung des darin enthaltenden Weingeistes der Destillation unterworfen. Man gewinnt so etwa $^1/_4$ des angewendeten Weingeistes wieder.

Die Reaction im Ballon verläuft in kurzer Zeit. Nach Beendigung derselben läßt man abkühlen und gießt die über dem ausgeschiedenen Knallquecksilber stehende Flüssigkeit, Lauge genannt, vorsichtig ab. Letztere wird an chemische Fabriken verkauft. Das Knallquecksilber wird nunmehr dem Processe der Reinigung und des Entsäurens unterworfen, und dieser ist als beendigt anzusehen, wenn sehr empfindliches blaues Lakmuspapier in die sehr feuchte Masse des Knallquecksilbers eingetaucht, sich nicht mehr röthet. Das Reinigen des Knallquecksilbers ist für die Dauer der Explosionsfähigkeit von der höchsten Wichtigkeit, daher mit der größten Genauigkeit auszuführen, weshalb hierfür sehr sinnreiche Apparate erfunden worden sind, die dies vollkommen verrichten. Das gereinigte Knallquecksilber wird unter Wasser in verschlossenen, hölzernen oder steinernen Gefäßen völlig gefahrlos aufbewahrt, doch wird man stets gut thun, wenn man lange aufbewahrtes Knallquecksilber, vor seiner Verwendung zur Zündmasse, wieder auf

seine Reinheit prüft, da selbst die kleinste Menge Säure in demselben verhängnißvoll werden kann. Ueber die quantitativen Verhältnisse der bei der Fabrikation verwendeten Materialien (Quecksilber, Salpetersäure und Weingeist) macht Josten keine Mittheilung.

Wolfram.

Metallisches Wolfram soll gegenwärtig im chemisch reinen Zustande für die Stahl- und Neusilberfabrikation bei Abnahme größerer Quantitäten zu 6 Mark pro Kilogr. von C. W. L. Biermann [1]) in Hannover in den Handel gebracht werden; auch liefert derselbe Legirungen des Wolframs mit Kupfer, Zinn, Zink und Blei, sowie alle sonstigen Wolframverbindungen. Besonders empfohlen wird eine Wolframbronce [2]) aus derselben Bezugsquelle, welche aus 95,4 Proc. Kupfer, 3,0 Zinn und 1,0 Wolfram besteht. Dieselbe soll zäh, hämmerbar, walzbar und von großer absoluter Festigkeit sein. Die Bronce verlangt bei der Verarbeitung eine um 100° höhere Temperatur als die gewöhnliche und darf nur in ganz trockenen Sand oder in Eisenformen gegossen werden.

Der Wolframstahl, der bekanntlich auch unter dem Namen Mushet's Specialstahl vor mehreren Jahren einiges Aufsehen erregte (vergl. dies. Jahrb. 1873. Bd. 9 S. 287), seitdem aber fast in Vergessenheit gerathen zu sein schien, fängt in neuerer Zeit [3]) wieder an aufzutauchen, seitdem man die Mittel kennt, ein Product von constanter Zusammensetzung darzustellen. Einige Industrielle setzen die rohen Wolframerze den Eisenerzen zu; doch ist dies Verfahren nicht zu empfehlen, da erstens der Wolframgehalt des Eisens dann noch zu schwankend ist und außerdem die Wolframerze schädliche Stoffe, wie Phosphor, Schwefel ꝛc. dem Eisen zuführen. Verwendet man aber reine Wolframpräparate oder eine Legirung von Wolfram mit Eisen (25—50 Proc. Wolfram), so hat man den Gehalt und damit die Qualität des Eisens vollständig in der Gewalt. Der Wolframgehalt richtet sich je nach dem Zweck, zu welchem das Eisen verwendet werden soll; bei Guß-

1) Wagner Jahresbericht 1878, S. 280.
2) Zeitschrift für das chem. Großgewerbe 1879, S. 123.
3) Chemiker-Zeitung 1879, S. 116.

eisen für Zahnräder, Propellerschrauben ꝛc. ist ein Gehalt von ½—1 Proc. am vortheilhaftesten. Bei Stahlwaaren bewirkt ein mäßiger Wolframgehalt bis 4½ Proc. große Gleichartigkeit und Zähigkeit; ein größerer Gehalt vergrößert blos die Härte, doch wendet man bei Werkzeugen, wie Feilen, Sägen, Meißeln, einen Gehalt bis 7½ Proc. an. Puddeleisen darf nicht mehr wie 2½ Proc. Wolfram enthalten, sonst wird es für die weitere Bearbeitung zu fest.

Ueber die Darstellung von Wolframsäure und Wolframmetall hat Filsinger[1]) einige Mittheilungen gemacht. Nach demselben ist es zweckmäßig, zur Darstellung der reinen Säure und des Metalls das käufliche wolframsaure Natrium zu verwenden, das hauptsächlich in England direct aus dem Erz durch Schmelzen mit Soda und Salpeter bereitet, theils auch bei Verhüttung wolframhaltiger Zinnerze als werthvolles Nebenproduct gewonnen wird. Dieses Natriumsalz zeigt aber einen ziemlich schwankenden Gehalt an Wolframsäure; so fand Strohmeyer in Hannover darin ungefähr 47 Proc., während Filsinger im Laufe des Jahres 1877 eine Anzahl Proben aus verschiedenen englischen Bezugsquellen zur Analyse vorlagen, die durchschnittlich nur 36 bis 37 Proc. Wolframsäure enthielten, dagegen durch 25 bis 30 Proc. schwefelsaures und kohlensaures Natrium verunreinigt waren. Obgleich die Säure des Wolframerzes sich im Einkauf nicht unerheblich billiger stellt, so ist es doch auch pecuniär vortheilhafter, das Natriumsalz anzuwenden, weil das sehr harte Mineral äußerst fein gepulvert bez. geschlämmt sein muß und sich selbst dann nur schwer durch anhaltendes Sieden mit Salpetersäure resp. Königswasser aufschließen läßt. Das käufliche Natriumsalz enthält einen Theil seiner Wolframsäure in der Form von Metawolframsäure, wird deshalb von Säure im Allgemeinen nur wenig gefällt und macht zur Zersetzung nicht selten Eindampfen der Masse und schwaches Glühen nothwendig. Es gelingt die vollständige Abscheidung der Säure aber nach Filsinger auch ohne dies, wenn man das Salz in fein gemahlenem Zustande mit seinem doppelten Gewichte roher Salzsäure von ungefähr 1,180 bis 1,190 in einem Thongefäße

1) Deutsche Industriezeitung 1878, S. 246.

übergießt und das Gemisch durch Einleiten von gespanntem Dampf eine Zeit lang kocht. Gummischlauch mit starker Leinwandeinlage eignet sich dazu sehr gut, doch kann man sich auch eines dünnen Bleirohres bedienen, da es nur mäßig angegriffen und das gelöste Blei durch späteres Auswaschen mit entfernt wird. Zuletzt fügt man der kochenden Masse noch 4 bis 5 Proc. vom Gewichte des Natriumsalzes Salpetersäure von 1,350 hinzu, wodurch die abgeschiedene Wolframsäure eine dunkelgelbe Farbe annimmt, kocht noch einige Zeit und läßt darauf erkalten und absetzen. Zunächst geht das Auswaschen durch Decantiren ziemlich schnell vor sich; jemehr aber der Salzgehalt der Flüssigkeit abnimmt, um so schwieriger setzt sich der Niederschlag zu Boden, weshalb es nöthig wird, das letzte Auswaschen auf Beuteln resp. Kästen vorzunehmen. Zur Reduction der erhaltenen Säure, welche, wenn lange genug gekocht wurde, getrocknet und zerrieben ein dunkelcitrongelbes Pulver darstellt, vermischt man sie mit 10 Proc. feinem Holzkohlen- und 2 bis 3 Proc. Harzpulver möglichst innig, drückt das Gemisch in einen Graphittiegel, dessen Deckelfuge bis auf eine kleine Oeffnung gut mit Thonbrei verstrichen wird, und glüht mehrere Stunden möglichst heftig. Zur vollständigen Reduction ist anhaltende Weißglühhitze erforderlich; wird diese nicht oder nicht lange genug erreicht, so findet man beim Oeffnen des Tiegels seinen Inhalt nicht selten in eine schuppig-krystallinische, glänzende, blauviolette Masse verwandelt, das sogen. blaue Oxyd resp. wolframsaures Wolframoxyd. Bei gelungener Reduction ist der stark zusammengefallene Tiegelinhalt glänzend dunkelgrau, aber noch leicht zerreiblich; er wird gepulvert, durch Abschlämmen mit Wasser vom Kohlenüberschuß gereinigt und enthält dann ungefähr 85 bis 90 Proc. metallisches Wolfram, das sich, so hergestellt, ziemlich billig calculirt und deshalb auch wohl zur Stahlbereitung vortheilhafter sein dürfte, als das oft stark verunreinigte und auch nach der Behandlung mit dünner Salzsäure immer noch Gangart, Schwefel- und Arsenverbindungen enthaltende Wolframerz.

Wolframbronce. — Die von Wöhler zuerst durch Reduction von schmelzendem sauren Natriumwolframit im Wasserstoffstrom dargestellte, schöne goldgelbe Verbindung, welcher man nach dem Vorgange von Malaguti allgemein die Formel

$Na_2WO_4 + WO_3, WO_2$ beizulegen pflegt, ist durch große Widerstandsfähigkeit gegen Reagentien auf nassem Wege ausgezeichnet; weder Säuren (Flußsäure ausgenommen) noch Alkalien greifen dieselbe merklich an. Dieser Umstand erschwerte bisher die Analyse des interessanten Körpers; insbesondere fehlte jeder sichere analytische Anhalt zur Beurtheilung, der in der Wolframbronce anzunehmenden Oxydationsstufe.

Behandelt man jedoch das feine Pulver der Wolframbronce mit einer ammoniakalischen Silbernitratlösung, so findet nach G. Philipp und P. Schwebel[1]) schon in der Kälte, besonders schnell aber beim Erwärmen eine vollständig glatte Umsetzung statt, indem sich metallisches Silber ausscheidet, während Natriumwolframiat in Lösung geht.

Dieses Verhalten der Wolframbronce benutzten Philipp und Schwebel zur Analyse derselben, indem sie einerseits die Menge des abgeschiedenen Silbers, welche der zur vollständigen Oxydation der Wolframbronce erforderlichen Sauerstoffmenge äquivalent sein muß, andererseits die Menge der in Lösung übergeführten Wolframsäure und des Natrons bestimmten. Die so ausgeführte Analyse führte zu der einfachen Formel $NaWO_3$.

Philipp und Schwebel bemerken, daß das abgeschiedene Silber beim Lösen in Salpetersäure einen geringen weißen, Wolframsäure, Silber und etwas Natron enthaltenden Rückstand ließ, welcher beim Auswaschen des Silbers gebildet sein, möglicher Weise aber auch von einer Verunreinigung der Wolframbronce herrühren konnte. Die Menge dieses Rückstandes wurde von der des Silbers abgezogen.

In ähnlicher Weise wie auf amoniakalische Silberlösung wirkt die feingepulverte Wolframbronce nach Philipp und Schwebel auch auf die alkalischen Lösungen anderer Verbindungen ein; so wird in der Siedehitze aus alkalischen Kupferlösungen Kupfer, aus alkalischen Quecksilberlösungen Quecksilber reducirt. In kochender alkalischer Lösung von Ferridcyankalium auch in einer solchen von unterchlorigsaurem Natron löst sich die Wolframbronce ohne Weiteres auf.

Im Allgemeinen sind die Erwartungen, welche man be-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1879, Bd. 12, S. 2234.

züglich der Entwicklung einer Wolframindustrie gehegt hat, bis jetzt nicht in Erfüllung gegangen. Bekanntlich hat man außer den bekannten Legirungen des Wolframs verschiedene andere Wolframverbindungen zu technischer Verwendung empfohlen, insbesondere glaubte man einige derselben als Farben verwerthen zu können, so die Wolframsäure als gelbe, das wolframsaure Wolframoxyd W_2O_5 als blaue Farbe, die wolframsauren Salze des Zinks und des Baryts als Surrogate des Bleiweißes (vergl. Bd. 5, S. 288). v. Wagner empfahl, die oben erwähnte broncefarbige Natriumverbindung, sowie das entsprechende Kaliumsalz als Broncefarben in der Buntpapierfabrikation zu verwenden; auch schien sich die Anwendung des wolframsauren Kupfers und des wolframsauren Chroms bei der Darstellung von Anilinschwarz zu bewähren, doch scheinen alle diese Verwendungen in der Praxis wenig Eingang gefunden zu haben.

Des wolframsauren Natrons hat man sich bekanntlich auf Vorschlag Versmann's und Oppenheim's bedient, um Gewebe, die man mit einer Lösung dieses Salzes imprägnirte, schwer verbrennlich zu machen, doch scheint sich dies Verfahren, Kleiderstoffe u. dergl. ihrer leichten Entzündbarkeit zu berauben, außerhalb Englands nicht eingebürgert zu haben.

Sonnenschein[1]) erhielt vor mehreren Jahren, als er wolframsaures Natron mit einem Proteïnkörper zusammenbrachte und dann mit Salzsäure versetzte, elastische, bei 30 bis 40° gummiartige Massen, die beim Erkalten hart und brüchig wurden. Die entstehende Verbindung wurde anfänglich statt der Gerbsäure zum sogenannten Animalisiren der Baumwolle beim Färben derselben mit Anilinfarben verwendet. Die Entstehung dieser Verbindung der Wolframsäure mit leimgebendem Gewebe hat auch zu Versuchen, thierische Haut mittelst wolframsaurem Natrons zu gerben geführt; doch erwies sich das gewonnene Leder als zu hart.

Neuerdings hat sich G. H. E. Bering[2]) ein Verfahren zur Darstellung eines aus Caseïn und wolframsaurem Natron bereiteten Präparates, das er „Glutine" nennt, patentiren

1) Wagner's Jahresbericht 1879, S. 1092.

2) D. R. P. Nr. 6202 und Dingl. pol. Journ. 1879, Bd. 233, S. 352.

lassen, welches als Glanz erzeugendes Mittel für Tapeten und als Verdickungsmittel für Färberei- und Druckereizwecke dienen soll. 100 Theile Käsestoff (Quark) werden mit 10 Theilen Wasser zu Brei verrieben und dann nach und nach in eine auf 70° erwärmte Lösung von 8 Theilen wolframsaurem Natron in 16 Theilen Wasser eingetragen, so daß eine völlig gleichmäßige Masse entsteht. Zur Verhütung der Fäulniß wird dieselbe mit 0,2 Theilen Salicylsäure und 0,1 Theil Nelkenöl versetzt.

Nach Scheibler ist Phosphorwolframsäure[1]) als Reagens auf organische Basen von Werth, da sie letztere meist vollständig aus ihren Lösungen niederschlägt. Sie bringt z. B. in einer Lösung, welche 0,5 Theil Strychnin oder 1 Theil Chinin in 100000 Theilen Wasser enthält, noch deutliche Niederschläge hervor. Man hat daher der Phosphorwolframsäure eine wichtige Verwendung bei gerichtlich-chemischen Untersuchungen verheißen, hat auch geglaubt, daß sie in Vergiftungsfällen als Gegengift gegen organische Basen erfolgreich benutzt werden könne, doch sind weitere Versuche hierüber nicht bekannt geworden.

Neu entdeckte Elemente.

Das Verzeichniß der Elemente ist auch im vergangenen Jahre durch einige neu entdeckte Metalle bereichert worden.

Samarium. — Lecoq de Boisbaudran,[2]) der Entdecker des Galliums, schied aus dem Samarskit durch fractionirte Fällung mittelst Ammoniak eine Erde ab, deren Absorptionsspectrum zwei charakteristische Streifen im Blau erkennen ließ. Lecoq schreibt dieselben einem neuen Elemente zu, das

1) Zur Darstellung der Phosphorwolframsäure soll man nach Scheibler (Dingl. pol. Journ., Bd. 209, S. 141) das saure wolframsaure Natron unter Zusatz der Hälfte seines Gewichts an Phosphorsäure vom spec. Gew. 1,13 in kochendem Wasser lösen und das aus der Lösung auskrystallisirende Natronsalz, welches Phosphorsäure und Wolframsäure enthält, durch Behandlung mit Chlorbarium in das schwerlösliche Barytsalz verwandeln. Wird letzteres in Wasser unter Zusatz von Salzsäure gelöst, aus der Lösung das Barium durch Schwefelsäure gefällt, und das Filtrat eingedampft, so krystallisirt die freie Doppelsäure, die Phosphorwolframsäure, in prachtvollen, diamantglänzenden Octaëdern aus.

2) Comptes rendus t. 89, p. 212 u. 516.

er Samarium nennt. Nach Delafontaine[1]) ist das Samarium dem Decipium (dies. Jahrb. 1879, Bd. 15, S. 371) sehr ähnlich und ist daher seine Existenz noch durch fernere Beobachtungen sicher zu stellen.

Holmium und Thulium, von welchen dem ersteren das Atomgewicht = 108, dem letzteren das Atomgewicht 113 zugeschrieben wird, glaubt P. Cleve neben dem Erbium und Yterbium in der Erbinerde entdeckt zu haben. Delafontaine bezweifelt (a. a. O.) auch die Existenz dieser Metalle und hält das Holmium für unreines Philippium (dies. Jahrbuch 1879, Bd. 15, S. 371).

Vesbium. — A. Scacchi[1]) hat der Akademie der Wissenschaften in Neapel Mittheilung gemacht von der Untersuchung grüner und gelber Incrustationen, welche die Spalten der Vesuvlava von 1631 bekleiden. Dieselben bestehen aus Silikaten, enthalten Kupfer und Blei und einen Körper, den Herr Scacchi für neu hält und nach dem alten Namen des Vesuv Vesbium bezeichnet. Die geringen Mengen der Substanz haben bisher nur vorläufige Versuche ermöglicht. Danach ist der Körper in Form einer Metallsäure von rother Farbe vorhanden, welche ungefärbte Alkalisalze giebt, die auf Zusatz einer Säure sich gelb färben. Das Silbersalz ist roth oder gelbroth, das Kupfersalz gelbgrün. Schwefelwasserstoff giebt einen braunen Niederschlag nnd eine blaue Flüssigkeit, welche durch Zink braun wird. Vor dem Löthrohr färbt die Substanz Phosphorsalz in der äußeren Flamme gelb, in der inneren grün.

Barcenium. — J. Mallet[3]) fand in einem mexicanischem Minerale ein neues Metall, welches er Barcenium nannte. Die Angaben über seine Eigenschaften sind vorläufig äußerst spärlich: „es hat ein spec. Gew. von 5,3, ist schwarz, feinkörnig, porös, undurchsichtig und erdig".

Norwegium. — Tellef Dahll[4]) fand in einem Kupfernikel aus Kragerö (Norwegen) ein neues Metall, das er Nor-

1) Comptes rendus t. 90, p. 221.
2) Ber. d. deut. chem. Ges. 1880, Bd. 13, S. 250.
3) Wagner, Jahresber. 1879, S. 8.
4) Wagner, Jahresber. 1879, S. 6, nach Chemic. News. 1879, t. 40. p. 25.

wegium (Ng) nannte. Es ist weiß, dem Kupfer ähnlich, schmilzt bei 350° C. und hat ein spec. Gew. von 9,441. Sein Aequivalent scheint 145,9 zu sein. Es bildet ein braunes Oxyd mit 9,879 Sauerstoff, das sich mit Soda oder Cyankalium sehr leicht reducirt. Seine Auflösung in Salzsäure ist grün, in Salpetersäure blau, in Schwefelsäure farblos. Kali, Ammoniak und kohlensaures Natron fällen daraus ein schön grünes Hydrat, das sich im Ueberschusse blau auflöst. Schwefelwasserstoff fällt ein braunes Schwefelmetall, das in Schwefelammonium unlöslich ist. Das Oxyd schmilzt zu einer grauen Schlacke und färbt Perlen von Borax und Phosphorsalz schön blau. Das Metall kocht, auf Kohle geschmolzen, und giebt einen gelbgrünen Beschlag. Es ist auch in einem Arsenkiese von Saetersdalen nachgewiesen.

Uralium. — A. Girard[1]) glaubt ein neues Element aus der Platingruppe entdeckt zu haben, welches er Uralium nennt.

Die Existenz des Scandiums (vergl. dies. Jahrb. 1879, Bd. 15, S. 371) scheint sich zu bestätigen. Nach Cleve[2]) enthält der Gadolinit 0,002 Proc., der Yttrotitanit 0,005 Proc. desselben. Dem weißen unschmelzbaren Oxyd desselben schreibt Cleve die Formel Sc_2O_3, dem Metall das Atomgewicht 45,12 zu. Nilson[3]), der verschiedene Scandiumsalze darstellte, fand das Atomgewicht des Metalles = 44,0. Da diese Zahl genau mit dem Atomgewichte zusammenfällt, welches Mendelejeff dem nach seinem periodischen Gesetz von ihm prognosticirten Grundstoffe Ekabor beilegte, und auch die Eigenschaften des Scandiumoxyds mit denen des Ekaboroxyds, soweit dieselben von Mendelejeff vorausgesagt wurden, übereinstimmen, so zweifelt Nilson nicht, daß mit dem Scandium auch das Ekabor entdeckt ist. Hierbei sei daran erinnert, daß man das von Mendelejeff prognosticirte Ekaaluminium in dem Gallium entdeckt zu haben glaubt.

Das Mosandrum hingegen, welches J. L. Smith (dies. Jahrb. 1879, Bd. 15, S. 371) aufgefunden zu haben

---

1) Bulletin de la société chimique 1879, Bd. 32, S. 3. und Dinglers pol. Journ. 1879, Bd. 230, S. 490.
2) Comptes rendus t. 89, p. 419.
3) Ber. der deut. chem. Ges. 1880, Bd. 13, S. 1439.

glaubt, scheint aus der Liste der Elemente wieder verschwinden zu sollen. Delafontaine bestreitet a. a. O. die Existenz desselben.

Organische Verbindungen.

Kohlenwasserstoffe.

Das Ceresin, welches bekanntlich ein aus dem Erdwachs (Ozokerit) durch einfache Reinigung und Bleichung, jedoch unter Vermeidung der Destillation gewonnenes Product ist, gewinnt mehr und mehr an Bedeutung (vergl. dies. Jahrb. 1876, Bd. 12, S. 407).

Das weiße Ceresin besitzt ebenso wie der natürlich vorkommende, braune Ozokerit fast alle die physikalischen Eigenschaften, die wir an dem Bienenwachse schätzen, insbesondere eine gewisse Elasticität, die Eigenschaft sich kneten zu lassen u. s. w. Dieser Eigenschaften aber geht der Ozokerit bei der Destillation verlustig, da er hierbei in Paraffin und flüssige Kohlenwasserstoffe zerfällt. Es war daher von außerordentlicher Wichtigkeit, ein Reinigungs- und Bleichverfahren ausfindig zu machen, bei welchem dem Ozokerit oder Erdwachs jene geschätzten Eigenschaften erhalten bleiben.

Die Einzelheiten der Behandlung, welche man dem rohen Erdwachs in den Ceresinfabriken zu Theil werden ließ, wurden begreiflicher Weise geheim gehalten. Nach dem, was über dieselben bekannt geworden ist, bestanden sie in der Hauptsache in einem Schmelzen des Ozokerites mit concentrirter Schwefelsäure und Schwärze (Rückstand von der Blutlaugensalzfabrikation), Pressen, nochmaligem Behandeln mit Schwärze und Filtration. Nach C. Engler[1]) gelingt es indessen auf diesem Wege nicht, ein völlig weißes Product zu erhalten und namentlich besitzt das so gebleichte Ceresin die unangenehme Eigenschaft, im Lichte und an der Luft wieder zu dunkeln.

Eine Zeit lang scheinen sich die Fortschritte der Ceresinfabrikation darauf beschränkt zu haben, die Schwefelsäure in geringerer Menge und im minder concentrirten Zustande anzuwenden, sowie durch Extraction der Schwärze- oder Spodium-

1) Zeitschr. f. d. chem. Großgew. 1878, Bd. 3, S. 503.

rückstände und auf andere Weise das Ausbringen an verkäuflichem Product zu steigern. In neuster Zeit scheint es jedoch gelungen zu sein, Ozokerit ohne alle Anwendung von Säure zu bleichen. Die hierüber von F. Redl[1]), Chemiker in Drohobycz, veröffentlichte Notiz, lautet wie folgt:

Das neue Verfahren beruht allein auf der Entfärbung durch thierische Kohle. Wenn man geschmolzenes Erdwachs mit der dreifachen Gewichtsmenge Thierkohle bei bestimmter Temperatur 6 Stunden lang rührt und dann die Masse in dazu geeigneten Extractionsapparaten durch Schwefelkohlenstoff oder Benzin extrahirt, so erhält man ein beinahe weißes Product, welches dem rohen Erdwachse in Consistenz und Bruch vollkommen ähnlich ist. Da das Extractionsverfahren in der Ceresinfabrikation erst seit Kurzem eingeführt wurde und ohne dasselbe die Bleichung ohne Säure nicht durchführbar ist, so ist diese Methode erst in neuerer Zeit aus dem Versuchsstadium in die Praxis getreten. Nach derselben giebt der Ozokerit eine Ausbeute von 90 Proc. gebleichten Stoffes, ob diese aber in der großen Praxis erreicht wird, ist noch die Frage. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß das Product der Bleichung ohne Säure wohl nicht Ceresin, sondern nur weißes Erdwachs genannt werden kann und sich im Handelswerthe vom Ceresin ungefähr wie Talg von Stearin unterscheidet. Das weiße Erdwachs enthält alle flüssigen Kohlenwasserstoffe gebunden, welche das nach bisherigen Methoden hergestellte Ceresin nicht enthält, indem bei letzterm die Oele durch die Reaction der Schwefelsäure vollständig verkohlt werden. Ein derart gebleichtes Erdwachs, welches circa 15 bis 18 Proc. Oele enthält, ist als Beleuchtungsmaterial absolut unbrauchbar, da die daraus in Mischung mit Bienenwachs erzeugten Wachskerzen schlecht brennen, rauchen und schnell abrinnen, während das ölfreie Ceresin als Beleuchtungsmaterial dem Bienenwachse völlig gleich kommt.

Auch H. Ujhely[2]) in Wien hat sich ein Verfahren zur Darstellung von Ceresin aus Erdwachs ohne Anwendung von Säure patentiren lassen, welches in Folgendem besteht. Der

1) Deutsche Industriezeitung 1879, S. 294.
2) Dies. 1880, S. 35.

Ozokerit wird auf kaltem oder warmem Wege bis zur Sättigung in Aether gelöst. Diese Lösung läßt man verschiedene Filter passiren und in eine Destillirblase vordringen, wo der Aether abgetrieben und condensirt wird. Der condensirte Aether kehrt sofort wieder automatisch im hermetisch geschlossenen Apparate zu den Lösieständern zurück, um von Neuem seine Function zu beginnen. Der Rückstand in der Blase enthält sämmtliches Paraffin und sämmtliches Oel, welche im Erdwachse vorhanden. Beide mechanisch gemengten Fabrikate werden entweder durch Temperaturerniedrigung oder durch Filterpressen vollständig getrennt. Das gewonnene Ceresin ist hart, von blendend weißer Farbe und völlig geruchlos. Die gewonnenen vollständig paraffinfreien Oele geben ohne weitere Verarbeitung ein werthvolles Product für Maschinenöle ab. Durch das neue Verfahren werden anstatt wie bisher 60 Proc. nunmehr 90 Proc. reines Ceresin aus dem Rohstoff gewonnen. Da ferner dem Verfahren bedeutende Ersparniß an Raum, Anlagecapital, Arbeitslöhnen und Brennmaterial nachgerühmt wird, so könnte dasselbe leicht berufen sein, eine vollständige Veränderung in der Ceresinindustrie hervorzurufen. Für Galizien und Bukowina hat ein Consortium bereits die Ausnützung des Patents an sich gebracht und mit dem Bau einer Fabrik begonnen.

Nach Victor Ritter von Ofenheim[1]) lassen sich Ozokerit, Paraffin, Stearin und andere Fettkörper unter Anwendung von Thonerde-, Manganoxyd-, Eisenoxyd- und Magnesiahydrat bleichen, und zwar soll man den auf 170 bis 200° erhitzten Ozokerit mit 20 Proc. der genannten Hydrate versetzen und nach kräftigem Umrühren klären lassen. Die Operation ist nach Befinden ein- oder zweimal zu wiederholen. Die Bodensätze werden zur Gewinnung eingeschlossenen Ceresins wiederholt mit Wasserdampf behandelt. Das Hydrat kann, nachdem es auf einen Wassergehalt von 35 Proc. eingetrocknet ist, von Neuem benutzt werden.

Wir fügen noch einige Mittheilungen[2]) hier an, die geeignet erscheinen, ein Bild von der Ausdehnung und der Situation zu geben, zu welcher die Erdwachsindustrie in Galizien

1) Die chemische Industrie 1880, Bd. 3, S. 175. — D. R. P. 9291 vom 21. August 1879.

2) Deutsche Industriezeitung 1879, S. 274.

gelangt ist. Zufolge eines Berichtes in der Zeitung des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen sind bis jetzt, abgesehen von einigen Orten, an welchen Spuren von Erdwachs gefunden wurden, größere Lager dieses Minerals nur in Boryslaw (Station der Dniesterbahn) ferner in Drewiniacz und Starunia (südlich von Stanislau) bekannt. Die Lager von den zwei letzten Orten sind wohl nicht sehr bedeutend, dagegen werden in Boryslaw jährlich circa 200000 Centner Wachs gefördert, was einen Werth von rund 2 Millionen Gulden entspricht. In Galizien bestehen jetzt sieben Fabriken, welche sich mit der Verarbeitung des Erdwachses befassen. Diese sind: In Drohobycz: Gortenberg, Goldhammer u. Comp. (die bedeutendste Fabrik dieser Branche in Galizien), J. Altmann, M. Tillemann, E. Feuerstein, Z. Händel, Rappaport und Münzner, in Boryslaw: J. Gottlieb u. Comp. Außer diesen Etablissements sind von den österreich-ungarischen Fabriken noch zu nennen: Ujhely's Nachfolger in Stockerau, Hochstetter in Florisdorf, Wagemann in Wien, Offenheim und Ziffer in Elbe-Teinitz, Dingler u. Co., dann Himmelbauer in Ostrau, F. A. Sarg's Sohn u. Co. in Liesing bei Wien und Pilz in Karlsbad. Die Erdwachsproduction Galiziens leidet unter denselben Uebelständen, unter welchen die dortige Petroleumindustrie krankt und die auf den Mangel der gesetzlichen Regelung der bergbaulichen Verhältnisse und auf die Zersplitterung des Besitzes des productiven Gebietes unter zahlreiche kleine Unternehmer zurück zu führen sind. Das neue Berggesetz wird wohl auch hier bald gedeihlichere Verhältnisse schaffen. Dermalen stehen in Boryslaw nebst circa 2500 Petroleumschächten über 900 Erdwachsschächte im Betriebe. Im Jahre 1872 befanden sich die Schächte Boryslaw's noch in der Hand von 1245 Unternehmern, heute ist diese Zahl bereits auf ca. 850 herabgesunken, da die wohlhabenden Unternehmer nach und nach größere Complexe erwerben und sich auch Gesellschaften bilden. Boryslaw, früher ein armes Gebirgsdorf mit 646 Einwohnern, zählt heute ca. 7000 ansässige Bewohner und 8—9000 fremde Arbeiter. Die Bevölkerung der nächstliegenden Stadt Drohobycz hat sich seit den letzten 20 Jahren verdoppelt.

Folgende Bemerkungen sind einem Berichte, den E. Sauerland in Aussig a. E. in der Zeitschr. für Paraffin-, Mineralöl-

und Braunkohlenindustrie veröffentlichte, entnommen: Die Erdwachsproduction in Galizien während des Jahres 1877 muß in Berücksichtigung der für die primitiven Abbau- und Förderungseinrichtungen bedeutenden Tiefe der Schächte (theilweise schon gegen 200 Meter) im Ganzen eine günstige genannt werden. Sie betrug ca. 115000 metr. Centner (à 100 Kilogr.) von denen ca. 105000 Centner aus dem Markt gewonnen wurden, so daß der Lagerbestand zu Ende 1878 um ca. 10000 metr. Centner größer als gegen Anfang des Jahres war. Von sämmtlichem Erdwachs dürfte ca. ein Drittel auf Paraffin und zwei Drittel auf Ceresin verarbeitet werden; genaue Zahlen lassen sich, da ja wenige Fabriken nur auf ein Product hin arbeiten, nicht geben. Dennoch kann die Lage der meisten Etablissements, welche auf Verarbeitung von Erdwachs eingerichtet sind, keine beneidenswerthe genannt werden, wenigstens dürfte sie sich in der Zukunft sehr unangenehm gestalten. Der Preis des Erdwachses in Galizien ist bei der jetzt noch immerhin günstigen Förderung ein solcher, daß der Nutzen der vom Gewinnungsort entfernter liegenden Raffinerien nur ein geringer genannt werden kann. Tritt nun durch Zusammengehen eines Theiles der erdwachsfördernden Schächte in Boryslaw eine Katastrophe ein, die nach Urtheilen von Fachleuten unabwendbar ist, so würde die Förderung auf ein Minimum reducirt und dadurch allein schon ein großer Theil der Fabriken zum Stillstande oder wenigstens zum Aufgeben der Erdwachsverarbeitung gezwungen werden, wenn nicht in der Zwischenzeit vom Kaukasus und von anderen Oertlichkeiten, an denen das Vorkommen von Ozokerit constatirt ist, Rohwachs auf den Markt gebracht wird. Vorläufig ist dazu freilich wenig Aussicht vorhanden. Die früher oder später über Boryslaw hereinbrechende Katastrophe ist eine Folge des daselbst ganz beispiellos betriebenen Raubbaues, welcher nur dadurch platzgreifen konnte, daß das Erdwachs und Erdöl seit 1862 nicht mehr Gegenstand des Bergregales ist. Die traurige Perspective in die Zukunft des Ozokeritbergbaues, die sich jetzt auch dem weniger unbefangenen Beobachter klar dargestellt, scheint wenigstens die gute Folge zu haben, daß die Regierung den Petroleumbergbau nicht demselben Schicksal anheimfallen lassen will, sondern denselben durch ein Petroleumbergbaugesetz regeln

und ihn einer wahrscheinlich glänzenden Zukunft entgegenführen wird.

Mit dem Namen „Vaseline"[1]) bezeichnet man eine wegen ihrer absolut indifferenten Eigenschaften in der Pharmacie schnell zu Ehren gekommene, zuerst auf der Ausstellung in Philadelphia von 1876 erschienene, fettähnliche Substanz, welche man durch Reinigen des Rückstandes der Petroleumraffinerie erhält. Diese Substanz hat in neuerer Zeit ein ziemlich ausgedehntes Consumsfeld erlangt. Außer zu äußeren Arzneiformen, als zu Salben und Linimenten, sowie in einzelnen Fällen zu innerlichem Gebrauche, ist sie seitdem besonders in größerm Maße in der Veterinärpraxis gegen die Räude und Klauenseuche der Quadrupeden, sowie für kosmetische und technische Zwecke mit Erfolg zur Anwendung gelangt; für erstere als Ersatz der dem Ranzigwerden unterworfenen animalischen und vegetabilischen Fette und für letztere zum Schmieren feiner Maschinentheile, als Schutzmittel gegen Rost und als Lederschmiere. Zu dieser allgemeinen Verwendung des Vaseline- oder Petroleumfettes haben die in den letzten Monaten stattgefundenen Preisreductionen wesentlich beigetragen, und in Anbetracht der, in Folge des relativ noch hohen Preises allenthalben entstehenden Concurrenz dürfte eine weitere Ermäßigung wahrscheinlich sein. Es sind jetzt bereits zahlreiche Concurrenzfabrikate, sowohl unter der Collectivbenennung „Vaseline" als auch unter anderen Namen wie „Ozokerine", „Cosmoline" im Handel, die sich jedoch meist hinsichtlich ihrer chemischen Beschaffenheit wesentlich von dem zuerst fabricirten amerikanischen Präparate unterscheiden und deshalb nur zu veterinärischen und technischen Zwecken Verwendung finden sollten. Das Fabrikat der Cheseborough Manufacturing Company ist zwar theurer, aber allgemein als das bessere Präparat befunden worden, indem ihm weder Petroleumgeruch noch Geschmack anhaftet; auch besitzt dieses Präparat nach den neuesten Beobachtungen die Eigenschaft, Jod im Verhältniß von 1:5 zu lösen, und dürfte dieserhalb zu noch umfangreicherer Verwendung Veranlassung geboten sein, obwohl die Angabe unwidersprochen blieb, daß Vaseline von der Haut schwer resorbirt wird.

---

1) Handelsbericht von Gehe u. Comp. nach d. deutsch. Industriezeitung 1880, S. 164.

Nitrocellulose.

Der Wunsch die Unsicherheit zu heben, welche über die Zusammensetzung und die Anzahl der Nitroverbindungen der Cellulose noch immer herrscht, hat in neuster Zeit mehrere Chemiker veranlaßt, die Untersuchung dieser Verbindungen wieder aufzunehmen. Leider haben auch die neusten Untersuchungen, die einerseits von Guido Wolfram[1]) andrerseits von Josef Maria Eder[2]) geführt wurden, noch immer nicht durchgängig zu übereinstimmenden Resultaten geführt.

Eder vertritt die Ansicht, daß bei der Einwirkung von Salpetersäure auf Cellulose ebenso wie bei der Bildung des Nitroglycerins nur in Form von Wasserresten vorhandener Wasserstoff durch die Gruppe NO_2 ersetzt wird. Er substituirt daher der Bezeichnung „Nitrocellulose" den Namen „Cellulosenitrat" und führt zur Begründung dieser Ansicht an, daß sich Pyroxylin gegen Eisenvitriol und Eisenchlorür ganz analog den salpetersauren Salzen verhält, daß bei der Ueberführung des Pyroxylins in Holzschwefelsäure aller Stickstoff in Form von Salpetersäure, die frei von Untersalpetersäure ist, abgegeben wird und daß Alkalien dem Pyroxylin mit Feuchtigkeit variable Mengen von Salpetersäure entziehen. Daß hierbei auch Nitrite entstehen, kann die Folge einer secundären Reaction sein, da namentlich bei Anwendung concentrirter Aetzlaugen auch große Mengen von organischen Zersetzungsproducten entstehen. Die Bezeichnung „Nitrocellulose" erscheint uns indessen so eingebürgert, daß wir nicht Bedenken tragen, dieselbe beizubehalten. Sowohl Wolfram als Eder bestimmten den Stickstoffgehalt der untersuchten Nitrocellulosen dadurch, daß sie letztere bei Luftabschluß in einem Glaskölbchen mit einer Lösung von Eisenoxydulsalz in Salzsäure kochten und das Volumen des entweichenden über Natronlauge aufgefangenen Stickstoffgases ermittelten.

Die Zusammensetzung der Nitrocellulosen läßt sich am leichtesten durch den Gehalt an NO_2 oder an N vergleichen. Schreibt man der Cellulose die Formel $C_{12}H_{20}O_{10}$ zu, so wür-

1) Dinglers pol. Journ. 1878, Bd. 130, S. 45 u. 148.

2) Chemische Industrie 1880, Bd. 3, S. 246 und Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880, Bd. 13, S. 169.

den von den folgenden Nitrocellulosen die beigeschriebenen Gehalte an NO_2 resp. an N gefordert werden:

		Gehalt an NO_2	Gehalt an N
Hexanitrocellulose	$C_{12}H_{14}(NO_2)_6O_{10}$	46,76 Proc.	14,14 Proc.
Pentanitrocellulose	$C_{12}H_{15}(NO_2)_5O_{10}$	41,89 „	12,75 „
Tetranitrocellulose	$C_{12}H_{16}(NO_2)_4O_{10}$	36,50 „	11,11 „
Trinitrocellulose	$C_{12}H_{17}(NO_2)_3O_{10}$	30,06 „	9,15 „
Dinitrocellulose	$C_{17}H_{18}(NO_2)_2O_{10}$	22,22 „	6,67 „

Die Versuche Wolfram's und Eder's bestätigen übereinstimmend, daß eine Mononitrocellulose $C_{12}H_{19}(NO_2)O_{10}$ nicht existirt. Wolfram sagt in Bezug hierauf Folgendes;

Mit Schwefelsäure behandelte Cellulose wird von Jodlösung blau gefärbt. Dieselbe Reaction tritt auch ein nach Behandlung mit Salpetersäure von 1,38 spec. Gew. Liebig zeigte, daß diese Erscheinung kein Beweis für eine Stärkebildung sei, wie behauptet worden war. Die gebläute Cellulose wird durch Waschen mit Wasser bald entfärbt, die Jodstärke aber nicht. Da nun die Nitrocellulosen sich mit Jodlösung nicht blau färben, so kann diese Reaction sehr gut zur Auffindung nicht nitrirter Cellulose in einem Pyroxylin verwendet werden. Wolfram giebt nun an, daß diejenigen nitrirten Cellulosen, in welchen weniger als 22,22 Proc. NO_2 gefunden wurden, durch Jod blau gefärbt wurden und somit als aus Trinitrocellulose und nicht nitrirter Cellulose bestehend angesehen werden mußten.

Nach Wolfram ist die höchste Nitrationsstufe der Cellulose die Pentanitrocellulose, außerdem giebt es eine Tetra-, Tri- und Dinitrocellulose. Es gelang ihm weder durch vermehrtem Zusatz von Schwefelsäure zur Salpetersäure von 1,505 spec. Gew., noch durch Verlängerung der Einwirkung der Säuren, noch durch Erhöhung der Temperatur, noch durch wiederholte Einwirkung eines Säuregemisches auf Nitrocellulose eine höhere Nitrationsstufe als Pentanitrocellulose zu erhalten. Durch ungenügendes Auswaschen werden nach Wolfram bisweilen Pyroxyline erhalten, welche bis 42 Proc. NO_2 enthalten. Solche Producte in einer Papiereinhüllung mehrere Wochen sich selbst überlassen, färben dieselbe gelb und lassen beim Oeffnen schwachen Geruch nach salpetriger Säure wahrnehmen — ein Zeichen, daß noch freie Salpetersäure vorhanden war. Durch

lange fortgesetztes Auswaschen, besonders mit warmen Wasser kann der Gehalt an NO_2 auf etwa 42 Proc. erniedrigt werden.

Das höchstnitrirte Product, welches also von Wolfram als Pentanitrocellulose angesprochen wird, ist nach diesem unlöslich in kaltem und kochendem Alkohol, Aether, Eisessig, Amylalkohol, Holzgeist, Chloroform und in Mischungen derselben, löslich dagegen in Aceton und Essigäther, leichter noch in Mischungen derselben mit Aethyläther.

Die Schering'sche Collodiumwolle hat nach Wolfram (wie auch Eder bestätigt) die Zusammensetzung der Tetranitrocellulose und diese ist charakterisirt durch ihre Löslichkeit in Aether-Alkohol, in Essigäther und in Holzgeist, während sie in reinem Alkohol und in reinem Aether unlöslich ist.

Nach Eder hat das höchst nitrirte Product die Zusammensetzung der Hexanitrocellulose oder nach seiner Ausdrucksweise die Zusammensetzung des Cellulosehexanitrats. Wir geben in Folgendem ein Referat über das Ergebniß der von Eder ausgeführten Untersuchungen.

Cellulosehexanitrat, eigentliche Schießbaumwolle, erhält man am Besten durch Eintragen von bei 100° getrockneter und wieder erkalteter Baumwolle (alle Pyroxline wurden aus ganz reiner, weißer, gebleichter und entfetteter Baumwolle hergestellt) in ein auf etwa 10° abgekühltes Gemenge von 3 Vol. concentrirter reiner Schwefelsäure (spec. Gew. 1,845) und 1 Vol. Salpetersäure (spec. Gew. 1,5). Es wird nur soviel Wolle eingetragen, als sich bequem und vollständig in das Säuregemisch eintauchen läßt. Unter öfterem Umrühren und Kneten mit Glasstäben läßt man die Säure durch 24 Stunden einwirken. Dann wird das Pyroxylin herausgenommen, ausgedrückt, in sehr viel Wasser geworfen und rasch unter Drücken gewaschen, bis sich der Ballen nicht mehr heiß anfühlt. Hierauf wird es durch mehrere Tage in häufig gewechseltem Wasser, schließlich in heißem Wasser gewaschen. Es werden aus 100 Gewichtsthln. Baumwolle 175 bis 180 Gewichtsthle. Pyroxylin erhalten. Eine geringe Menge organischer Substanz bleibt in der klaren Salpeterschwefelsäure gelöst. Dem so erhaltenen Hexanitrat ist mehr oder weniger Penta- und Trinitrat beigemengt, die durch ein- bis zweitägige Digestion mit einem mehrfach gewechselten Gemenge von 3 Thl. Aether

und 1 Thl. Alkohol (95°) entfernt wurden. Das getrocknete Präparat zeigte dann die der ersten Formel entsprechende Zusammensetzung. Das so dargestellte Cellulosehexanitrat hat die Structur der Baumwolle und zeichnet sich vor den anderen Pyroxylinen durch seine leichte Entzündlichkeit und Explosivität (wenn es auch durch Schlag und Stoß schwer zur Detonation zu bringen ist), seine Unlöslichkeit in Aether, absolutem Alkohol, Aetheralkohol, Eisessig, Methylalkohol aus. Essigäther löst das Hexanitrat nach Eder nicht, weder in der Kälte noch in der Wärme, auch nach Zusatz von etwas Aether nicht; höchstens quillt die Faser etwas auf, ohne die Structur zu verlieren. In Aceton quillt es zur durchsichtigen Gallerte auf, welche in stark überschüssigem Aceton sich allmählich löst. Die Entzündungstemperatur liegt bei 160—170° C. Erst bei tagelangem Erhitzen des Hexanitrates auf 100° C. wurde Gelbfärbung und die Bildung einer geringen Menge Salpetersäure und Untersalpetersäure bemerkt. Ist das Hexanitrat schlecht gewaschen, enthält es nur eine Spur freier Säure, so reagirt es schon nach einstündigem Erhitzen stark sauer und riecht nach Untersalpetersäure. Die mit Aether-Alkohol gewaschene Schießbaumwolle zeigt diese Eigenschaft selten; ganz haltbar ist nur eine mit schwach alkalischem Waschwasser digerirte, dann mit reinem Wasser gewaschene Schießbaumwolle, welche auch nach jahrelangem Aufbewahren ihre neutrale Reaction behält. Wird Cellulosehexanitrat mit einem der unten angeführten, verdünnten, warmen Gemenge von Salpetersäure behandelt (wie man sie zur Darstellung von Collodionwolle verwendet), so geht es in ein stickstoffärmeres, in Aetheralkohol lösliches Pyroxylin über. Gemenge von Kalisalpeter und Schwefelsäure, die sich zur Collodionwollbereitung ganz gut eignen, lieferten unter keinen Umständen Cellulosehexanitrat.

Gemenge von 100 Cubcentim. Schwefelsäure (66° B.) mit 1000 Gr. Kalisalpeter geben bei 66—70° C. schon nach 6—10 Minuten lösliche Collodionwolle, obschon das Gemisch gar kein Wasser enhält.

Cellulosepentanitrat unterscheidet sich vom Hexanitrat durch seine Löslichkeit in Aetheralkohol. Es entsteht immer (zwar niemals rein) beim Behandeln von Baumwolle mit stark concentrirten Säuregemischen bei niedriger Tempe-

ratur, namentlich bei bedeutenderem Schwefelsäuregehalt der Mischung und ist dann mit Hexanitrat gemengt (das Pyroxylin ist dann partiell im Aetheralkohol unlöslich) oder mit verdünnter Säure und ist dann mit Tetranitrat verunreinigt (das Pyroxylin ist dann in Aetheralkohol völlig löslich). Von dem letzteren ist es sehr schwer zu reinigen. Am besten geschieht die Reinigung noch mit sehr ätherarmem Alkohol, in welchem das Pentanitrat unlöslich, das Tetra- und Trinitrat löslich sind. Sehr rein entsteht das Cellulosepentanitrat durch Auflösen von gewöhnlicher Collodionwolle (spec. Gew. 1,40), Abkühlen in Eis, Filtriren durch Asbest und Zusatz ebenfalls in Eis gekühlter Schwefelsäure (spec. Gew. 1,840). Nach einigen Minuten gießt man in viel kaltes Wasser, decantirt, wäscht erst mit Wasser, dann mit Alkohol aus, trocknet, löst in Aetheralkohol und fällt mit Wasser. Das so erhaltene Pentanitrat stimmt in seinen Eigenschaften mit dem, wie oben angegeben, durch directes Nitriren von Baumwolle erhaltenen und von Beimengungen befreiten überein, nur zeigt die ätheralkoholische Lösung des letzteren eine ausgesprochen dickere, fast leimartige Consistenz, während die des ersteren dünnflüssiger ist und sich auch mit ätherärmeren Gemischen herstellen läßt. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die gelatinöse Consistenz von mit aufgelöstem Hexanitrat herrührt.

Cellulosetetranitrat und Cellulosetrinitrat bilden sich bei der Darstellung der Collodionwolle immer nebeneinander, vorausgesetzt, daß die Säuren nicht zu concentrirt und genügend warm waren. So wurde z. B. durch 5—10 Minuten lange Behandlung von Baumwolle mit einem Gemenge von 1 Vol. Schwefelsäure (spec. Gewicht 1,835) und 1 Vol. Salpetersäure (spec. Gew. 1,38) bei 65° C. ein Pyroxylin erhalten, welches sich der Zusammensetzung des Tetranitrates nähert. Es ist in Aetheralkohol vollständig löslich. Hierher gehört auch die Schering'sche Collodionwolle, welche die Zusammensetzung des Tetranitrates hat.

Eine durch 5—10 Minuten lange Einwirkung von 80 Cubcentim. Salpetersäure (1,38—1,39) und 100 Cubcentim. Schwefelsäure (1,845) bei 65—70° C. dargestelltes kurzfaseriges Pyroxylin erwies sich als ein Gemenge von Tetra- und Trinitrat, deren Trennung nicht gelang, obschon sie in ihrem

Verhalten eine merkliche Verschiedenheit zeigen. Das Tetranitrat (richtiger gesagt, die an Tetranitrat reichen Collodionwollen) sind in reinem Aether und reinem Alkohol unlöslich (auch in der Wärme), dagegen leicht löslich in Aetheralkohol, Essigäther, Holzgeist, einem Gemenge von Essigsäure und Alkohol, Essigsäure und Aether. In kaltem Eisessig ist es kaum, in kochendem langsam löslich. Das Trinitrat (d. h. die an diesem reichen Gemische) werden von absolutem Alkohol bei gewöhnlicher Temperatur allmählich gelöst; ein großer Aetherüberschuß fällt die concentrirte alkohol-ätherische Lösung milchig. Es ist in Essigäther, Holzgeist, kochendem Eisessig leicht löslich.

Cellulosedinitrat entsteht immer als letztes Product der Salpetersäure entziehenden Einwirkung von Kali oder Ammoniak auf die anderen Cellulosenitrate, außerdem bei der Einwirkung von sehr verdünnter und heißer Salpeter-Schwefelsäure auf Cellulose, wenn das Pyroxylin schon unter theilweiser Zersetzung und Entwicklung von rothen Dämpfen sich zu lösen beginnt (wie auch Wolfram feststellte). Es ist je nach der Darstellung ein gelbliches Gummi oder ein flockiges Pulver. Es ist in Alkoholäther, absolutem Alkohol, Eisessig, Holzgeist, Essigäther, Aceton leicht, sehr schwer in reinem Aether löslich. Charakteristisch ist das Verhalten der äther-alkoholischen Lösung, welche, auf einer Glasplatte verdunstet, ein opake milchig trübe, mürbe Collodionhaut hinterläßt; auch gutes Collodion erhält durch eine kleine Beimischung von Dinitrat dieselbe Eigenschaft. Ein Cellulosemonohydrat wurde niemals erhalten.

Von den vorgehend beschriebenen Cellulosenitraten ist das Hexanitrat in Aetheralkohol nicht löslich, die übrigen lösen sich darin. Die erstgenannte Verbindung ist die eigentliche Schießbaumwolle, die letzteren geben mit Aetheralkohol Collodien, weshalb Verfasser für sie den Namen Collodionpyroxyline vorschlägt.

Wir schließen hier die Besprechung einiger technisch wichtiger Präparate an, bei deren Darstellung die Nitrocellulose als Ausgangspunkt dient.

Celluloid.

Das Celluloid,[1]) das in neuester Zeit in den Verein. Staaten und darnach auch in Europa eine nicht unbedeutende

1) Deutsche Industriezeitung 1877, S. 395.

Verwendung als Ersatz für Elfenbein rc. gefunden hat, wird ähnlich wie das Parksin aus Schießbaumwolle hergestellt und zwar unter Zusatz von Kampher. Erfunden wurde es im Jahre 1869 von dem Amerikaner Hyatt. Ueber die Herstellung des Stoffes berichtete kürzlich J. Clouet, Professor an der medicinischen Schule in Rouen, im Bulletin des Rouener Gewerbevereines, und entnehmen wir daraus Folgendes: Auf einen Papierbogen, der continuirlich abgewickelt wird, läßt man in einem Strahl ein Gemisch von 5 Thln. Schwefelsäure und 2 Thln. Salpetersäure auffallen, wodurch das Papier in Pyroxylin umgewandelt wird, das durch Pressen von überschüssiger Säure befreit und dann bis zur Entfernung der letzten Spur Säure in fließendem Wasser gewaschen wird. Die Masse wird dann abgetropft, theilweise getrocknet, zermahlen und mit Kampher gemischt, dann nochmals gemahlen, stark comprimirt, in der hydraulischen Presse zwischen Filtrirpapier getrocknet, zerrieben, gewalzt und nochmals in besonderen erwärmten Apparaten comprimirt. So werden durchscheinende, elastische Platten oder Stäbchen erhalten, die für die verschiedenen Zwecke weiter verarbeitet werden. (Diese Einzelheiten über die Herstellung sind einem Bericht entnommen, den Lamy dem Gesundheitsrath des Seine-Departements erstattet hat.) Die Einführung des Celluloid in die Technik gelang erst nach vielen Versuchen, die von 1869 bis 1873 ausgeführt wurden; eine amerikanische Gesellschaft verwendete über 1 1/2 Mill. M. darauf, soll aber später 80 Proc. Dividende gegeben haben. Neuerdings sind mehrere Celluloidfabriken entstanden und hat auch das Fabrikationsverfahren Abänderungen erlitten (s. unten.)

Das Celluloid ist eine harte, feste, unzerbrechliche Masse, dem hellen Horn ziemlich ähnlich. Es ist elastisch und wird bei Erwärmung auf 125° C. plastisch. Die einzelnen Stücke lassen sich dann durch Zusammendrücken vereinigen. Es läßt sich zu Blättern von 1/2 Millim. Dicke auswalzen, drücken, incrustiren und auf Holz, Marmor rc. aufleimen. Wenn die Masse aus den Apparaten kommt, ist sie durchscheinend. Sie brennt mit rußiger Flamme, wobei sie starken Kamphergeruch verbreitet, läßt sich aber nur schwierig entflammen. Wird sie allmählich erwärmt, so wird sie bei ca. 135° undurchscheinend und zersetzt sich dann plötzlich bei 140° unter Bildung eines

röthlichen Rauches. Sie ist geruchlos und wird durch Reibung nicht elektrisch. Die Masse läßt sich leicht bearbeiten und sehr schön poliren; man stellt daraus u. A. Billardkugeln, Schirmgriffe, Kämme, Spielsachen, Schmuckwaaren aller Art, künstliche Gebisse ꝛc. her. Durch verschiedene Zusätze kann man Nachahmungen von Bernstein, Korallen, Malachit, Lapis Lazuli, Ebenholz und Elfenbein herstellen. Das Celluloid ist unlöslich in Wasser, daher für Gegenstände der Hauswirthschaft, wie Messergriffe, Bürstenrücken ꝛc. verwendbar. Angeblich ist es in Säuren unlöslich, doch hat Clouet gefunden, daß es durch concentrirte Schwefelsäure zwar nicht unmittelbar angegriffen wird, wohl aber allmählich auch in der Kälte sich darin auflöst; nach 36 Stunden hatte sich ein Stück vollständig ohne Rückstand gelöst. Schon seit seiner ersten Entdeckung wurde das Celluloid zu chirurgischen Apparaten, Bruchbändern, elastischen Gürteln ꝛc., sowie zu künstlichen Gebissen verwendet. Der Preis der rohen Masse beträgt 6 1/2 Mark pro Kilogramm.

Die Celluloid Emery Wheel Comp. in Newark, N. J., benutzt das Celluloid bei der Herstellung künstlicher Schleifsteine als Bindemittel für das Schmirgelpulver. Die Scheiben, die man durch Pressen der Masse unter starkem Druck herstellt, werden in einer Stärke von 1/8″ bis 4″ engl. im Durchmesser von 3/4″ bis 2 1/2″ und zum Preis von 5 Cents bis 94 Doll. geliefert.

G. Magnus u. Co.[1]) in Berlin ließen sich ein Verfahren zur Darstellung von Celluloid patentiren, nach welchem in einer Mischung von 100 Gewichthln. Aether vom spec. Gew. 0,728 und 25 Gewichtsthln. Kampher 50 Thle. Collodiumwolle gelöst werden. Dadurch entsteht eine durchscheinende, gallertartige Masse, welche unter zwei übereinander liegende Walzen so lange gewalzt wird, bis sie plastische Eigenschaften zeigt. Für farbige Massen können die Farbstoffe dem Aether oder während des Walzens der Masse beigefügt werden. Diese ausgewalzten zähen Platten setzt man so lange der Atmosphäre aus, bis dieselben hart und polirbar werden. Dieses Verfahren dürfte allerdings nur bei Platten oder Stäben

1) Deutsche Industriezeitung 1880, S. 65.

von nicht zu großer Stärke anwendbar sein, da Stücke von 10 Millim. Stärke etwa 10 Tage zur Härtung brauchen. Um Körper von größerm Durchmesser, z. B. Billardbälle zc. herzustellen, werden die dünn gewalzten zähen Platten zusammengerollt, nach theilweisem Verdampfen des Aethers auf einer Kreisraspel gröblich gepulvert und, um die noch vorhandenen Reste des Lösungsmittels zu entfernen, bei etwa 106° C. auf einem Wärmtisch getrocknet. Das so behandelte Celluloid wird in erwärmte Metallformen gepreßt und durch Verschrauben der letzteren einer andauernden Pressung ausgesetzt. Durch allmähliche Zuführung von Wärme erfolgt die Härtung. Dazu werden die gefüllten Formen auf ein Sieb in einen sogen. Vulkanisirkessel gestellt, welcher zu 1/3 mit Wasser gefüllt ist. Der Kessel wird durch einen mit Sicherheitsventil versehenen Deckel luftdicht geschlossen und in einem Kochapparat erwärmt. Wenn die ersten Wasserdämpfe sich entwickeln, muß die im Kessel vorhandene Luft durch das Ventil oder einen Hahn entfernt werden. Sobald das Wasser den Siedepunkt erreicht hat, wird die Wärme so gesteigert, daß in 1 1/2 bis höchstens 1 3/4 Stunden 120 bis 122° C. erreicht werden. Eine größere Hitze oder längeres Verweilen an der äußern Wärmegrenze führt vollständiges Zerstören der Masse herbei.

Dr. Fr. Böckmann hat in jüngster Zeit eine Monograhie[1]) über das Celluloid herausgegeben, in welcher auch die Gewinnung der bei der Celluloidfabrikation in Verwendung kommenden Rohmaterialien, des Kamphers und der Nitrocellulose eingehend besprochen ist. Nach Böckmann hat man gegenwärtig vier Methoden der Celluloidfabrikation zu unterscheiden. Man kann nämlich die Vereinigung der Nitrocellulose oder Schießbaumwolle mit dem Kampher unter ausschließlicher Anwendung von Druck und Wärme bewirken (die beschriebene Methode von Hyatt) oder man nimmt ein Lösungsmittel des Kamphers zu Hülfe. Als solches haben außer Aether (das oben beschriebene Verfahren von Magnus) auch Alkohol und Holzgeist Verwendung gefunden. Des letzteren bedient sich die Celluloidfabrik von Stains bei Paris, welche zwar das theuerste aber in Qualität vorzüglichste Celluloid liefern soll.

1) Wien, Hartleben, 1880.

Als sich die zahlreichen aus Celluloid gefertigten Gegenstände bereits einer großen Beliebtheit erfreuten, wurde die weitere Ausdehnung des Vertriebes der Celluloidwaaren durch die Besorgniß wesentlich geschädigt, welche im Publikum bezüglich der Feuergefährlichkeit des Celluloids Platz griff. Diese Besorgnisse scheinen übertrieben gewesen zu sein und ist dies im Interesse der Entwicklung des modernen Industriezweiges zu beklagen. Aber es läßt sich nicht wegleugnen, daß das Celluloid zu den leichtentzündlichen Materialien gehört und somit eine gewisse Vorsicht bei der Verwendung desselben geboten ist. Die Behauptung, daß Gegenstände aus Celluloid durch Berührung mit einem glimmenden Körper (z. B. mit einer glimmenden Cigarre) unter explosionsähnlichen Erscheinungen zur Entzündung gebracht worden seien, scheint auf einer Uebertreibung zu beruhen, aber beim Annähern einer Flamme brennt das Celluloid mit äußerster Lebhaftigkeit ab. Einige Vorkommnisse, bei welchen Einzelne durch das lebhafte Abbrennen der Masse erschreckt wurden und eine in der Celluloidfabrik von Magnus u. Comp.. in Berlin vorgekommene Explosion, bei der ein Arbeiter ums Leben kam, haben das Celluloid wohl mehr als es verdient in Mißcredit gebracht.

Daß trotz des eingetretenen Rückganges in der Verbreitung des Celluloides die Fabrikation und Verarbeitung desselben sich zu einem ansehnlichen Industriezweige entwickelt haben, geht aus den folgenden Notizen hervor, die wir der erwähnten Schrift Böckmann's entnehmen.

Der Hauptsitz der Celluloidindustrie ist die kleine Stadt Newark bei New-York. Hier wohnen die Gebrüder Hyatt, die Entdecker des Celluloids, und hier befindet sich die Celluloid Manufacturing Company, welche die bedeutendste aller Celluloidfabriken besitzt. Schon im Jahre 1877 gab es in den Vereinigten Staaten 15 Fabriken, die sich mit der ausschließlichen Verarbeitung von Celluloid beschäftigen. Von der Celluloidfabrik in Newark wird das Celluloid im rohen Zustande an diejenigen abgegeben, die es unter Licenz verarbeiten. Jede dieser Zweiganstalten vertritt eine wichtige Specialität, wie Schmuck, Kämme, Bürsten, Messergriffe, Celluloidgebisse 2c.

Das bedeutendste Etablissement zu Newark ist die Celluloid Novelty Co., welche 400 bis 500 Leute beschäftigt und

Nachbildungen von Korallen, Elfenbein, Bernstein, Schildpatt, Ebenholz, Malachit verfertigt. — Die Bürstenfabrik (Celluloid Brush Company) daselbst, beschäftigt 200 Leute, die Gesellschaft für Pferdegeschirrbesatz, (Harneß Trimming Company) etwa 75.

In Paris hat sich die Compagnie Francais du Celluloid gebildet, welche die oben erwähnte Celluloidfabrik in Stains bei Paris besitzt. Auch hat diese Gesellschaft eine Filialfabrik in Mannheim, welche Celluloidwaaren, namentlich Korallen-Imitationen und Frisirkämme herstellt.

Die Celluloidfabrik von Magnus u. Co. in Berlin stellt Celluloid, sowie Colluloid-Schmuckwaaren, Billardbälle u. s. w. her. Eine große Anzahl deutscher Hartgummifabriken beschäftigen sich zugleich mit der Anfertigung von Celluloidfabrikaten. Bezüglich zahlreicher deutscher Firmen, welche sich mit der Verarbeitung des Celluloids befassen, verweisen wir auf die Böckmann'sche Schrift.

Spreng-Gelatine.

Im Anschluß an das eben besprochene Celluloid möge hier ein anderer Körper Erwähnung finden, bei dessen Darstellung gleichfalls die Nitrocellulose verwendet wird und welcher in der Sprengtechnik eine Rolle zu spielen verspricht, nämlich die Sprenggelatine. Die Mittheilungen über dieselbe rühren von Baden Pritchard[1]) her.

Bekanntlich sind fast alle Explosiva der neuesten Zeit Nitroverbindungen oder aus solchen hergestellte Präparate. Eine Klasse entstammt der Schießbaumwolle, der Nitrocellulose, eine andere dem Nitroglycerin. Die Nitrocellulose kann, da sie fest ist, direct verwendet werden; das Nitroglycerin ist aber flüssig und wird zur praktischen Handhabung mit festen Körpern, wie Kieselguhr, Kohlenpulver u. s. w. gemischt und bildet dann Dynamit, Lithofracteur u. dergl., die sämmtlich nie mehr als 75 Proc. Nitroglycerin enthalten.

Die Sprenggelatine nun ist ganz frei von unwirksamer Masse; sie besteht aus einer Mischung von Nitroglycerin mit

1) Naturforscher, 1879, S. 364 nach Nature Vol. 20, p. 32.

Schießbaumwolle. Nobel hat nämlich gefunden, daß das Nitroglycerin, ähnlich wie eine Mischung aus Alkohol und Aether, die Nitrocellulose auflöst und eine Art Collodion bildet, die er Gelatine nennt. Freilich ist es nicht die hochnitrirte Schießbaumwolle, welche vom Nitroglycerin aufgelöst wird, sondern nur das Pyroxylin der Photographen, das aber immer noch ein hinreichend explodirender Körper ist, um die Wirkung des Nitroglycerins zu steigern. Vom Pyroxylin werden bis zu 7 Proc. durch das Nitroglycerin in der Wärme gelöst und so entsteht eine gallertartige Masse, aus der leicht Patronen fabrizirt werden können.

In der Sprenggelatine ist somit kein unwirksamer Körper enthalten, und die Folge ist, daß bei gleichem Gewicht die Gelatine in ihrer zerstörenden Wirkung bedeutender ist als Dynamit. Letzterer enthält, wie wir gesehen haben, 75 Proc. Nitroglycerin, während die Sprenggelatine aus 90 bis 93 Proc. dieser Flüssigkeit und 7 bis 10 Proc. löslicher Schießbaumwolle besteht. Aber es giebt noch einen anderen Grund, warum die Detonation der Sprenggelatine energischer sein muß, nämlich, weil der in ihr enthaltene Sauerstoff gerade ausreichend ist, um dem vorhandenen Kohlenstoff und Wasserstoff vollständig zu oxydiren. Prof. Abel sagt hierüber Folgendes: „Da Nitroglycerin eine geringe Menge Sauerstoff im Ueberschuß enthält über die zur vollständigen Oxydation seines Kohlenstoffs und Wasserstoffs erforderliche Menge, während die lösliche Schießbaumwolle weniger Sauerstoff hat als nothwendig ist für die vollständige Umwandlung in ganz oxydirte Producte, so ist das Resultat der Einverleibung von geringen Mengen der letzteren in das Nitroglycerin die Erzeugung eines Explosivkörpers, der die Menge von Sauerstoff enthält, welche erforderlich ist für die Entwickelung des Maximums chemischer Energie durch vollständige Verbrennung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs; und daher muß theoretisch die Sprenggelatine als Explosivum noch etwas kräftiger sein wie reines Nitroglycerin."

Durch Zusatz von etwa 10 Proc. Schießbaumwolle, zur Sprenggelatine hat Abel ein noch viel kräftigeres Explosivum erhalten, das auch besser zu handhaben ist, weil es viel fester ist als die gallertartige Gelatine.

Vanillin.

Wir haben bereits vor mehreren Jahren (dies. Jahrb. 1876), S. 437) über die künstliche Darstellung des Vanillins aus dem in den jungen Holzfasern der Nadelhölzer enthaltenen Coniferin berichtet und dabei auch erwähnt, daß es ferner gelungen sei, den Hauptbestandtheil des Gewürznelkenöls, das Eugenol in Vanillin überzuführen, und daß Reimer letzteres auch aus dem Guajacol durch Einwirkung von Chloroform und Natronhydrat und Zersetzen der entstandenen Natriumverbindung mittelst Säure dargestellt habe, welche Bildungsweise durch folgende Gleichung auszudrücken ist:

$$C_6H_4\begin{cases}OH\\OCH_3\end{cases} + CHCl_3 + 4\,NaOH = C_6H_3\begin{cases}OCH_3\\ONa\\COH\end{cases} + 2\,NaCl + 3\,H_2O$$

Das letztere Verfahren scheint sich indessen bis jetzt nicht als technisch verwerthbar erwiesen zu haben. Ein Vergleich der Formeln des Eugenols und des Vanillins

$$\text{Eugenol} = C_6H_3\begin{cases}C_3H_5\\OH\\OCH_3\end{cases}; \quad \text{Vanillin} = C_6H_3\begin{cases}COH\\OH\\OCH_3\end{cases}$$

läßt erkennen, daß ersteres einer Oxydation (Ueberführung der Gruppe C_3H_5 in COH) bedarf, um in Vanillin verwandelt zu werden. Da indessen die Oxydation des Eugenols leicht weiter geht, als es für den vorliegenden Zweck geschehen soll, so erschien es nothwendig, die freie Hydroxylgruppe in dem Eugenol durch eine Atomgruppe zu ersetzen, welche sich während der Oxydation beständig erweist, aber nach der Oxydation leicht wieder entfernt werden kann. Das Eugenol wurde daher von Tiemann[1]) zunächst durch Erhitzen mit Essigsäureanhydrit in Aceteugenol (bei 270° siedende ölige Flüssigkeit) übergeführt, daraus durch Oxydation Acetvanillin gebildet und aus letzterem durch Kalilauge das Vanillin abgeschieden.

Seitdem hat sich Tiemann[2]) die Darstellung des Vanillins aus Nelkenöl (Engl. Pat. v. 20. April 1876) nach folgendem Verfahren patentiren lassen:

Das Oel wird mit dem dreifachen Volum Aether versetzt und die Lösung mit schwacher Aetzkalilauge geschüttelt.

---

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1876, S. 53.
2) Daselbst 1877, S. 1907.

Das im Nelkenöl enthaltene Eugenol ist nunmehr an Alkali gebunden.

Die alkalische Flüssigkeit wird angesäuert, mit Aether geschüttelt, darauf die ätherische Lösung abgehoben und aus ihr durch Abdestilliren des Aethers das Eugenol rein erhalten. Das reine Eugenol wird durch Kochen mit Essigsäureanhydrit in Aceto-Eugenol übergeführt und dieses in sehr verdünnter Lösung mit einer sehr schwachen warmen Lösung von Kalipermanganat oxydirt. Man filtrirt, macht schwach alkalisch, concentrirt, säuert an und zieht das Vanillin mit Aether aus.

Chr. Rump[1]) hat neuerdings das Vanillin in der Siam-Benzoë nachgewiesen und aus derselben wie folgt dargestellt.

Das höchst fein vertheilte, abgesiebte Benzoëharz wird mit der Hälfte seines Gewichtes an Kalkhydrat gemischt, unter Zusatz von Wasser zu einem zarten Brei verrieben, darauf noch mit dem 10- bis 12-fachen Gewicht siedenden Wassers versetzt und anhaltend gekocht. Nachdem man aus der filtrirten Abkochung durch Salzsäurezusatz die Benzoësäure ausgeschieden und letztere abfiltrirt hat, schüttelt man das saure Filtrat mit Aether. Beim Verdunsten des abgehobenen Aethers bleibt unreines Vanillin zurück.

Als ein für die Reinigung des Vanillins höchst geeignetes Lösungsmittel empfehlen Jannasch und Rump den unter 90° siedenden Theil des Petroleums (aus dem käuflichen, sogenannten Petroleumäther abdestillirt), welcher das Vanillin in der Kälte so gut wie gar nicht, in der Wärme hingegen sehr reichlich löst.

Ueber die Fortschritte der Vanillinfabrikation aus dem im Safte der Nadelhölzer enthaltenen Coniferin berichtet Liebermann[2]) folgendes:

Zunächst zeigte sich bei dieser Fabrikation eine große Schwierigkeit in dem Bezuge und der verspäteten Verarbeitung des in den entlegeneren Waldungen (Thüringen, Schwarzwald, Vogesen, Auvergne) gewonnenen Cambialsaftes. Dies hat dazu geführt, die Holzverkäufer zu der Darstellung des Coniferins an Ort und Stelle selbst zu veranlassen. Diese

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1878, S. 1634.
2) Verhandl. des Ver. zur Beförd. d. Gewerbfl. 1879, S. 342.

liefern jetzt ein etwa 90 Proc. haltiges Coniferin zur weiteren Verarbeitung an die Vanillinfabriken.

Die Anwendung von Vanillin anstatt der Vanille hatte nach Liebermann so lange mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen, als das Vanillin nicht wie jetzt in absolutester Reinheit in den Handel gebracht wurde. Die kleinsten Beimengungen beeinflussen Geschmack und Geruch dieser Substanz für eine feine Zunge sehr bedeutend. Da die meisten Vanillesorten nur 2 Proc. Vanillin enthalten, so erscheint es auffällig, daß hier die 98 Proc. fremder Substanzen im Allgemeinen nicht in gleicher Weise schädlich auf den Wohlgeschmack einwirken. Bis zu einem gewissen Grade ist dies indessen bisweilen doch der Fall, denn die Güte und der Preis der verschiedenen Vanillen hängen, wie neuere Untersuchungen lehren, ebensowohl von der Vanillenmenge als von der Abwesenheit derartiger schädlicher Beimengungen ab. Die große Verdünnung des Vanillins in der Pflanze und die Pflanzensubstanz selbst ist übrigens besonders geeignet, den Wohlgeruch des Vanillins recht voll hervortreten zu lassen. Reines trockenes Vanillin riecht verhältnißmäßig sehr wenig, es gehört eine große Verdünnung und ein bestimmter Feuchtigkeitsgrad dazu, den Geruch am schönsten und intensivsten zu entwickeln. Diese Bedingungen hängen wohl mit der Verflüchtigung des Vanillins zusammen und sind in der Schote gegeben. Die Vanillinfabrikanten sind daher, namentlich für die Anwendung des Präparats in der Parfümerie genöthigt, dem Vanillin gewisse Mengen Alkohol und Wasser zu incorporiren.

Von den Pfefferküchlern, Chocolade-, Liqueur- und Zuckerwerkhändlern wird das künstliche Vanillin vielfach benutzt und bei gleichen Preisen oft der natürlichen Vanille vorgezogen. Einzelne Consumenten verbrauchen jählich 5—6 Kilogr. davon. Die Parfumeure machen mit der Anwendung noch einige Schwierigkeiten. Bei dem hohen Werth des Vanillins von 1300 bis 1400 Mark pro Kilogr. ist seine Fabrikation natürlich eine quantitativ ziemlich beschränkte.

Wie überall, wo ein chemisches Product an Stelle des natürlichen tritt, so ist auch hier ein harter, durch steile Preisabfälle gekennzeichneter Kampf ums Dasein zwischen Vanille und Vanillin ausgebrochen, der bis zu seinem Austrag beiden

Theilen Wunden schlägt und die Entwickelung der neuen Industrie verzögert. Gute Vanillesorten und ihnen folgend das Vanillin, sind in den letzten vier Jahren auf 1/6 ihres Preises (von 250 auf 40 Mark pro Kilogr.) zurückgegangen. Der gegenwärtige Vanillinpreis beträgt für mittlere Sorten 26 bis 28 Mark pro Kilogr.

Indigo.

Eine Entdeckung, welche eine außerordentliche Tragweite zu erlangen verspricht, ist auf dem Gebiete der Farbwaarenindustrie zu verzeichnen. Laut der unter Nr. 10509 u. 10789 bei dem deutschen Reichspatentamt angemeldeten Patente ist es Prof. Baeyer in München gelungen, in einer technisch verwerthbaren Weise die Orthonitrozimmtsäure wie deren Homologen und Substitutionsproducte künstlich darzustellen und dieselben in Indigblau, resp. in verwandte Farbstoffe überzuführen. Diese wichtige Erfindung ist nicht, wie manche andere, einem glücklichen Zufall zuzuschreiben, sie ist vielmehr das Elaborat eines langjährigen eifrigen Studiums der zur Indiggruppe gehörenden Verbindungen; und wenn auch über die neuesten, mit Erfolg gekrönten Untersuchungen Baeyer's zur Zeit nur äußerst spärliche Mittheilungen veröffentlicht worden sind, so glauben wir doch den Wünschen unserer Leser zu entsprechen, wenn wir hier ein Referat über die Untersuchungen bringen, welche allmählich Licht über die interessanten Körper der Indiggruppe verbreitet haben und welche als Vorläufer beziehentlich als Basis der neusten epochemachenden Entdeckung zu betrachten sind.

Nachdem es Sommaruga [1]) gelungen, mit Hülfe des von Habermann [2]) modificirten Dumas'schen Verfahrens der Dampfdichtebestimmung die Dampfdichte des Indigblaus zu ermitteln, wird die Molecularformel dieses Körpers allgemein $C_{16}H_{10}N_2O_2$ geschrieben.

Bekanntlich geht das Indigblau bei der Oxydation mittelst Chromsäure, Salpetersäure oder Ozon in das von Laurent [3])

---

1) Liebig's Annalen der Chemie 1870, Bd. 195, S. 302.
2) Daselbst Bd. 187, S. 341.
3) Compt. rend. t. 12, p. 539.

und Erdmann[1]) gleichzeitig entdeckte Isatin $C_8H_5NO_2$ über und zwar entsprechend der Gleichung:

$$C_{16}H_{10}N_2O_2 + O_2 = 2\,C_8H_5NO_2.$$

Die Gründe, welche der Verdoppelung der durch eine Dampfdichtebestimmung bis jetzt noch nicht controlirten Molecularformel des Isatins entgegenstehen, werden sich aus den folgenden Mittheilungen ergeben.

Wir erinnern daran, daß das Isatin beim Erwärmen mit den Lösungen kaustischer Alkalien unter Aufnahme von Wasser in die Salze der im freien Zustande wenig beständigen (wieder in Isatin und Wasser zerfallenden) Isatinsäure $C_8H_7NO_3$ übergeht, und daß es eine geraume Zeit hindurch nicht gelingen wollte, das Isatin, resp. die Isatinsäure durch Behandlung mit reducirenden Mitteln in Indigblau zurückzuverwandeln. Wird mit Wasser übergossenes Isatin nach Knop[2]) der Einwirkung von Natriumamalgam ausgesetzt, oder wird eine mit wenig Salzsäure versetzte wässerige Lösung von Isatin nach Baeyer[3]) mit Zinkstaub gekocht, so geht das Isatin unter Aufnahme von Wasserstoff in Dioxindol $C_8H_7NO_2$ über und letzteres wird durch fernere Einwirkung reducirender Mittel (Zinn und Salzsäure oder Natriumamalgam in stets sauer gehaltener Lösung) in Oxindol C_8H_7NO übergeführt. An diese Körper schließt sich das Indol C_8H_7N an, welches zuerst von Baeyer dadurch erhalten wurde, daß er die Dämpfe von Oxindol über erhitzten Zinkstaub leitete. Das Indol bildet farblose, der Benzoësäure ähnliche Blättchen, welche bei 52° schmelzen und zwar nicht für sich, wohl aber mit Wasserdämpfen destillirbar sind, und ist durch sein Verhalten als schwache Base charakterisirt.

Da die Isatinsäure auch als Trioxindol angesprochen werden konnte, so bilden die oben erwähnten Zersetzungproducte des Indigblaues eine Reihe, deren Glieder sich durch den Mehrgehalt von je ein Sauerstoffatom von einander unterscheiden, nämlich:

Trioxindol (=Isatinsäure)	$C_8H_7NO_3$
Dioxindol	$C_8H_7NO_2$

1) Journ. f. pr. Chem. Bd. 19, S. 358.
2) Daselbst, Bd. 97, S. 65.
3) Ber. der deutchs. chem. Ges. 1879, Bd. 12, S. 1309.

Oxindol C_8H_7NO
Indol C_8H_7N.

Im Jahre 1870 gelang es Baeyer und Emmerling[1]) das Isatin wieder zu Indigblau zu reduciren. Da die bisher zur Reduction des Isatins verwendeten Mittel Wasserstoff an dasselbe abzugeben vermochten, und das Isatin bei Einwirkung derselben unter Wasserstoffaufnahme in eine Reihe von Verbindungen überging, welche nicht mehr zum Indigblau führten, so glaubte Baeyer ein Reagens in Anwendung bringen zu sollen, welches im Stande ist Sauerstoff zu entziehen, ohne dem Isatin die Möglichkeit einer Wasserstoffaufnahme darzubieten. Er fand ein solches in dem phosphorhaltigen Dreifachchlorphosphor. Er erhitzte Isatin mit phosphorhaltigem Phosphorchlorür im Wasserbade auf 100° C. und erhielt durch Auflösen der Flüssigkeit in Wasser eine Lösung, welche Indigblau an der Luft absetzte. Noch besser gelang diese Reaction bei Zufügung von Chloraethyl. Neben dem Indigblau bildete sich ein mit diesem isomerer und ihm sehr ähnlicher aber durch Alkohol ausziehbarer, rother Farbstoff, den Baeyer Indigpurpurin nennt.

Später beschrieb Baeyer[2]) das folgende geeignetere Verfahren, das Isatin in Indigblau überzuführen:

Das Isatin wird zunächst in

Isatinchlorid C_8H_4ClNO

übergeführt. Zu dem Zwecke werden 5 Gr. Isatin mit 6—7 Gr. Fünffachchlorphosphor und 8—10 Gr. trocknem Benzol in einem mit Kühlrohr versehenen Kölbchen auf dem Wasserbade erwärmt. Nach Beendigung der sehr lebhaften Salzsäureentwicklung ist alles Isatin gelöst und eine dunkelbraune Flüssigkeit entstanden, welche beim Erkalten zu einem Brei von braunen Nädelchen erstarrt. Dieselben werden, nachdem sie durch Absaugen von der Mutterlauge befreit und mehrmals mit Ligroin ausgewaschen wurden, im Vacuum über Kali und Schwefelsäure getrocknet und bestehen aus dem obiger Formel entsprechenden Isatinchlorid. Die Ausbeute ist nahezu die von der Theorie verlangte.

---

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1870, Bd. 3, S. 514.
2) Daselbst 1879, Bd. 12, S. 456.

Dieses in Aether, Alkohol, Eisessig und heißem Benzol mit blauer Farbe leicht lösliche, in kaltem Benzol und in Ligroin schwer lösliche Isatinchlorid, welches sich beim Stehen an feuchter Luft und beim Erhitzen auf 100° vollständig zersetzt, wird am besten nach einer der folgenden zwei Methoden in Indigblau übergeführt:

Isatinchlorid wird in Eisessig, der mit etwas Zinkstaub versetzt ist, unter Umschütteln eingetragen. Die anfangs von unzersetztem Chlorid braun gefärbte Flüssigkeit wird schnell farblos; man filtrirt sie und läßt sie 24 Stunden an der Luft stehen. Die Farbe der Flüssigkeit geht dabei schnell durch Grün in Violett über, während sich schöne Krystalle von Indigblau absetzen, welche von der Indigpurpurin enthaltenden Mutterlauge getrennt werden. Das so erhaltene mit Wasser, Alkohol und Aether gewaschene Indigblau gab bei der Elementaranalyse mit der Formel $C_{16}H_{10}N_2O_2$ nahe übereinstimmende Zahlen.

Die zweite Methode, welche noch bessere Ausbeute zu liefern scheint, besteht darin, daß Isatinchlorid mit einer Lösung von Jodwasserstoffgas in Eisessig übergossen wird. Unter starker Jodausscheidung geht das Chlorid in Indigblau über, welches in gewöhnlicher Weise zu reinigen ist.

Mit Zinkstaub erhält man aus Isatinchlorid etwa 50 Proc. an blauem Farbstoff, welcher das Blau und das Purpurin in sehr wechselnden Mengen und zwar letzteres in der Regel in überwiegender Menge enthält. Das Purpurin wird aus der essigsauren Lösung durch Wasser und kohlensaures Natron ausgefällt. Es ist identisch mit dem vorhin erwähnten, aus Isatin durch Behandlung mit Acetylchlorür, Dreifachchlorphosphor und Phosphor erhaltenen Purpurin, also isomer mit Indigblau, und verhält sich diesem sehr ähnlich, sublimirt wie dieses und giebt auch eine Küpe, ist indessen den Oxydationsmitteln gegenüber beständiger und löst sich außer in Alkohol in Aether, Benzol, Chloroform und Eisessig. Das Absorptionsspectrum seiner Lösung ist charakteristisch und total verschieden von dem des Indigblaus. Das Indigpurpurin färbt Seide ähnlich wie Fuchsin.

Mit der so bewirkten Regenerirung des Indigblaus aus dem Isatin war wenigstens der erste Schritt zur künstlichen Darstellung des Indigblaus gethan. Die weiteren Bestrebungen,

das Isatin oder unmittelbar das Indigblau aus den sauerstoffärmeren Reductionsproducten des Isatins, beziehentlich aus Derivaten des Benzols darzustellen, lassen sich kaum in leicht faßlicher Weise darstellen, ohne die Ansichten über die Constitution der in Betracht kommenden Verbindungen in Erörterung zu ziehen. Wir müssen in Rücksicht auf die Beschränktheit des uns hier zur Verfügung stehenden Raumes darauf verzichten, historisch die Entwicklung jener Ansichten zu verfolgen und begnügen uns daher über diejenigen Beobachtungen zu referiren, welche besonders geeignet erscheinen zur Lösung des vorliegenden Problems beizutragen.

Die Thatsachen, daß Anilin und Orthoamidobenzoësäure unter den Zersetzungsproducten des Anilinblaus auftreten, sowie daß letzteres bei der Behandlung mit Salpetersäure Pikrinsäure liefert ꝛc., hatten schon längst zu der Annahme geführt, daß das Indigblau und seine Derivate den Benzolkern enthalten. Die Beantwortung der Frage nun, welche Derivate des Benzolkerns in den verschiedenen, der Indiggruppe angehörenden Körpern vorliegen, wurde außerordentlich dadurch gefördert, daß es Baeyer [1]) gelang, das Oxindol durch Reduction der Orthonitrophenylessigsäure (=Nitro-Alphatoluylsäure)

$$C_6H_4<^{CH_2\,COOH}_{NO_2}$$

darzustellen, wodurch zugleich der Nachweis geliefert wurde, daß das Oxindol als das innere Anhydrit der Orthoamidophenylsäure anzusprechen sei

$$\text{Orthoamidophenylessigsäure: } C_6H_4<^{CH_2CO\,.\,OH}_{NH_2}$$

$$\text{Oxindol: } C_6H_4<^{CH_2CO}_{NH}>$$

Die Darstellung des Oxindols aus der Phenylessigsäure ist nach Baeyer (a. a. O.) eine höchst einfache Operation. Die Säure wird durch Eintragen in rauchende, im Wasserbade erwärmte Salpetersäure nitrirt, das nach dem Verjagen der Salpetersäure erhaltene Gemisch isomerer Nitrosäuren mit Zinn und Salzsäure reducirt und die Flüssigkeit nach dem Fällen des Zinns mit Schwefelwasserstoff concentrirt. Die saure Flüssig-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1878, Bd. 11, S. 582.

keit wird nun mit Marmor neutralisirt und mit gefälltem kohlensaurem Baryt kurze Zeit gekocht. Die isomeren Amidosäuren bilden hierbei Barytsalze, die Orthosäure dagegen nicht, weil sie in Form des Anhydrits in Lösung ist. Aether extrahirt dasselbe daher ohne weiteres in reinem Zustande. Das so erhaltene Oxindol zeigt den Schmelzpunkt 120° C., giebt mit Zinkstaub erhitzt Indol und liefert mit salpetriger Säure das durch seine Farbereaction charakteristische Nitrosooxindol.

Nachdem die Formel des Oxindols festgestellt war, konnte über die des Dioxindols (=Hydrindinsäure) kein Zweifel mehr obwalten; dieselbe ergiebt sich:

$$\text{Dioxindol} = C_6H_4\begin{matrix}\diagup CH(OH)CO \diagdown \\ \diagdown NH\text{———}\diagup\end{matrix}$$

Was konnte Baeyer veranlassen, die Phenylessigsäure zum Ausgangspunkt für die Darstellung des Oxindols zu wählen? Diese Frage findet in Folgendem ihre Beantwortung:

Schon früher hatte Kekulé[1]) die Vermuthung ausgesprochen, daß die Isatinsäure drei in verschiedener Weise gebundene Sauerstoffatome enthalte, da zur schrittweisen Reduction derselben drei verschiedene Reductionsmittel angewendet werden müssen. Kekulé wies darauf hin, daß die Phenylessigsäure $C_6H_5 . CH_2COOH$, wenn man sich in ihr die beiden Wasserstoffatome der Seitenkette durch Sauerstoff ersetzt denkt, zu einer Säure $C_6H_5 . CO . COOH$ führt, in welcher die drei Sauerstoffatome verschieden gebunden erscheinen, und ein Amidoderivat dieser Säure würde die Zusammensetzung der Isatinsäure haben:

$$\text{Isatinsäure} = C_6H_4\begin{matrix}\diagup CO . COOH \\ \diagdown NH_2\end{matrix}$$

Die Säure $C_6H_5 . CO . COOH$ würde als Phenylglyoxylsäure anzusprechen sein, da Glyoxylsäure $= CHO . COOH$. Kekulé folgerte weiter, daß, wenn der Isatinsäure die obige Formel zukomme, das Isatin als ein Amid aufgefaßt werden müsse. Ein Molekul Säure genüge zur Bildung dieses Amids, indem die Seitenkette $CO . COOH$ sich mit dem in demselben Säuremolekul befindlichen Ammoniakrest NH_2 unter Wasseraustritt vereinigt:

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1870, Bd. 2. S. 748.

$$C_6H_4<\begin{matrix}CO-COOH\\NH_2\end{matrix} \qquad\qquad C_6H_4<\begin{matrix}CO-CO\\NH\text{———}\end{matrix}>$$

Isatinsäure Isatin.

Dahingegen hatte Baeyer[1]) in Rücksicht auf den chininartigen Charakter des Isatins die Vermuthung ausgesprochen, daß demselben die Formel

$$\text{Isatin} = C_6H_4\left\langle\begin{matrix}C\\ \| \\ C\\ | \\ NH\end{matrix}\right.\!\!>O_2$$

zukomme.

Auf Veranlassung Baeyer's nun nahm Suida[2]) die Frage in Angriff, ob unter Voraussetzung der Richtigkeit der Kekulé'schen Isatinformel bei der Reduction des Isatins zu Oxindol das am Benzol liegende oder das andere CO verändert, d. h. in CH_2 übergeführt würde. Suida glaubte die Frage entscheiden zu können, wenn es gelänge, die Isatinsäure zu Dioxindol und Oxindol zu reduciren, da in der Formel derselben

$$CO \,.\, CO_2H \,.\, C_6H_4 \,.\, NH_2$$

die beiden Kohlenstoffatome der Seitenkette in zwei verschiedenen Formen vorkommen, welche sich bei der Reduction verschieden verhalten, indem die CO-Gruppe im Allgemeinen viel leichter reducirt wird, als die Carboxylgruppe COOH. Da nun aber die Isatinsäure in alkalischer Lösung nicht reducirbar erscheint, während sie in saurer Lösung in Isatin übergeht, so bedurfte es zur Ausführung dieser Aufgabe eines Kunstgriffes, welcher darin besteht, die Isatinsäure durch Einführung einer sauren Gruppe in das NH_2 auch in saurer Lösung beständig zu machen. Isatin geht durch Behandlung mit Essigsäureanhydrit in Acetylisatin über, welches in Kali gelöst acetylisatinsaures Kali liefert. Die hieraus durch Säuren abgeschiedene, beständige Acetylisatinsäure bindet bei der Reduction 2 Atome Wasserstoff ohne Sauerstoff zu verlieren. Das entstehende Product kann daher nicht ein Aldehyd sein, son-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1870, Bd. 2, S. 681.
2) Daselbst 1878, Bd. 11, S. 584.

dern muß mit der Acetylorthoamidomandelsäure identisch sein, welche zum Dioxindol offenbar in derselben Beziehung steht wie die Acetylisatinsäure zum Isatin. Acetylorthoamidomandelsäure [1]) =

$$CH(OH)CO_2H . C_6H_4 . NH(C_2H_3O)$$

Behandelt man nun diese Substanz mit Jodwasserstoff, so erhält man nach ganz kurzem Kochen Oxindol, unter gleichzeitiger Elimination der Acetylgruppe und Reduction des Hydroxyls. Auch in diesem Falle kann es nicht zweifelhaft sein, wo die Reduction stattgefunden hat, da die alkoholische Gruppe der Mandelsäure jedenfalls leichter angegriffen wird als das Carboxyl. Es kann also nur Orthoamidophenylessigsäure entstanden sein, welche durch freiwillige Wasserabspaltung das Oxindol liefert:

$$C_6H_4 < \begin{matrix} CH_2CO_2H \\ NH_2 \end{matrix} \qquad\qquad C_6H_4 < \begin{matrix} CH_2CO \\ HN\text{——} \end{matrix} >$$

Orthoamidophenylessigsäure — Oxindol.

Die Synthese des Oxindols aus Phenylessigsäure hat die Richtigkeit dieses Raisonnements vollständig bestätigt.

Zugleich hat so die oben für die Isatinsäure aufgestellte Formel ihre Bestätigung gefunden. Welche von den beiden für das Isatin aufgestellten Formeln die richtige ist, muß durch fernere Versuche zur Entscheidung gebracht werden.

Da die oben erwähnte Phenylessigsäure (Alphatoluylsäure) aus den Destillationsproducten der Steinkohle dargestellt werden kann [2]), da ferner diese Säure nach dem oben besprochenen Baeyer'schen Verfahren in Oxindol übergeführt werden kann, da endlich nach Baeyer und Emmerling in der ebenfalls besprochenen Weise die Ueberführung des Isatins in Indigblau möglich ist, so war nur noch ein Schritt zu thun, um die Darstellung des Indigblaus aus den Bestandtheilen des Steinkohlentheeröls zu erzielen, nämlich es galt noch die Ueberführung des Oxindols in Isatin zu bewerkstelligen. Auch diese

---

1) Mandelsäure = Phenylglycolsäure = $C_6H_5 . CH(OH)COOH$.

2) Beispielsweise erhält man durch Einleiten von Chlor in siedendes Toluol das Benzylchlorid $C_6H_5 . CH_2Cl$, welches durch Kochen mit Alkohol und Cyankalium in Benzylcyanid $C_6H_5 . CH_2CN$ übergeführt werden kann. Letzteres liefert beim Kochen mit Alkalien die Phenylessigsäure $C_6H_5 . CH_2COOH$.

Aufgabe hat Baeyer gelöst. Derselbe hatte schon früher [1]) mit Knop ein Substitutionsproduct des Oxindols,

$$\text{das Nitrosooxindol } C_6H_4 < \genfrac{}{}{0pt}{}{CH(NO)CO}{NH} >$$

beschrieben, welches man beim Einleiten von salpetriger Säure in eine 1 procent. Lösung von Oxindol erhält. Die Flüssigkeit erstarrt sogleich oder nach längerem Stehen zu einem Brei von sehr feinen, langen, goldgelben Nadeln, die sich beim Trocknen verfilzen. Das so erhaltene Nitrosooxindol ist in Wasser schwer, in Alkohol leichter löslich, wird von Kalilauge mit dunkelrothbrauner Farbe aufgenommen und durch Salzsäure aus der Lösung wieder unverändert gefällt. Baeyer [2]) fand nun weiter, daß dieses Nitrosooxindol nur in Amidooxindol übergeführt und letzteres mit Eisenchlorid, Kupferchlorid oder auch mit salpetriger Säure oxydirt zu werden braucht, um in glatter Weise den folgenden Formeln entsprechend Isatin zu liefern

$$\text{Nitrosooxindol } C_6H_4 < \genfrac{}{}{0pt}{}{CH(NO)CO}{NH} >$$

$$\text{Amidooxindol } C_6H_4 < \genfrac{}{}{0pt}{}{CH(NH_2)CO}{NH} >$$

$$\text{Isatin } C_6H_4 < \genfrac{}{}{0pt}{}{CO\,.\,CO}{NH} >$$

Somit war das Problem der künstlichen Darstellung des Indigblaus aus dem Steinkohlentheer bereits vor zwei Jahren gelöst. Aber freilich war die Zahl der chemischen Manipulationen, die man vom Toluol ausgehend vorzunehmen hatte, eine große, und bei einigen der Processe ließ die zu erzielende Ausbeute zu wünschen übrig. Beispielsweise wurde bei der Ueberführung des Isatins in Indigblau neben dem letzteren, beziehentlich statt desselben das ihm isomere, oben erwähnte Indigpurpurin meist in überwiegender Menge erhalten, und schien somit das Verfahren noch mancher Vervollkommnung zu bedürfen, ehe es Aussicht auf eine technische Verwendung gewinnen konnte. Eine Vereinfachung des Verfahrens der künstlichen Darstellung des Indigblaus war daher in dem letzten Jahre das Ziel zahlreicher Untersuchungen und in der That

1) Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 140, S. 34.
2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1878, Bd. 11, 1228.

waren schon durch die Baeyer'schen Untersuchungen die Richtungen angedeutet, in welcher man eine solche Vereinfachung des Verfahrens zu erreichen hoffen durfte. In der zuletzt citirten Abhandlung erwähnt Baeyer, daß man auch aus dem Dioxindol und aus dem Amidooxindol mit Hülfe von Phosphoroxychlorid und Phosphorpentachlorid Indigblau gewinnen könne und bereits vor längerer Zeit hatte er in Gemeinschaft mit Emmerling die Darstellbarkeit des Indols aus Nitrozimmtsäure nachgewiesen. Die letztere Thatsache gewinnt um so mehr an Interesse, da das im Eingange dieser Besprechung erwähnte neueste Verfahren der Darstellung des Indigfarbstoffs, welches sich Baeyer patentiren ließ, wiederum die Nitrozimmtsäure als Ausgangspunkt wählt; wir glauben daher die Darstellung des Indols aus Nitrozimmtsäure nach Baeyer und Emmerling[1]) kurz besprechen zu sollen.

Die Thatsache, daß die auch Anthranilsäure genannte

$$\text{Amidobenzoësäure} = C_6H_4{<}{}^{COOH}_{NH_2}$$

unter den Zersetzungsproducten des Indigos auftritt, führte Baeyer zu der Annahme, daß man behufs der synthetischen Darstellung des Indols, welches er als die Muttersubstanz des Indigos betrachtet, im Benzol eine zweigliedrige Kohlenstoffkette und ein Stickstoffatom einführen, und dann beide miteinander verbinden müsse. Die hierzu nöthigen Bedingungen finden sich in der

$$\text{Nitrozimmtsäure } C_6H_4{<}{}^{CH:CH.COOH}_{NO_2}$$

verwirklicht, wenn man sich Kohlensäure und den Sauerstoff der Nitrogruppe wegdenkt. Und in der That erhielten Baeyer und Emmerling Indol beim Schmelzen von Nitrozimmtsäure mit überschüssigen Kali, entsprechend der folgenden Gleichung

$$\underset{\text{Nitrozimmtsäure}}{C_6H_4{<}{}^{CH:CH.COOH}_{NO_2}} - CO_2 - O_2 = \underset{\text{Indol.}}{C_6H_4{<}{}^{CH=CH}_{NH}{>}}$$

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1869, Bd. 2, S. 679.

Man vermischt zur Ausführung des Processes die Nitrozimmtsäure mit etwa 10 Theilen gepulverten Kalihydrats, setzt noch etwas Eisenfeilspäne zur Wegnahme des Sauerstoffs der Nitrogruppe hinzu und erhitzt bis zum Schmelzen. Die in Wasser gelöste Masse giebt an Wasser Indol und etwas Anilin ab. Nach dem Entfernen des Anilins mit verdünnter Salzsäure erhält man das Indol mit allen seinen charakteristischen Eigenschaften. Aus der beschriebenen Bildung des Indols ergiebt sich, daß das Stickstoffatom mit einem Wasserstoffatom verbunden ist, da kaum anzunehmen ist, daß die Seitenkette der Zimmtsäure CH — CH bei der niedrigen Temperatur, welche für die Bildung des Indols erforderlich ist, verändert wird. Diese Auffassung findet übrigens ihre Bestätigung durch die Resultate, zu denen wir oben bei Erörterung der für das Oxindol und das Isatin aufzustellenden Formeln gelangt sind, da sich jenen Formeln die hier für das Indol aufgestellte vollkommen anschließt. Daß die Ausbeute an Indol bei dem eben beschriebenen Verfahren eine geringe ist, erklärt Baeyer auf folgende Weise: Die Entstehung der Anthranil- und der Nitrosalicylsäure aus Indigo liefert den Beweis, daß die relative Stellung des Kohlenstoffs und des Stickstoffs der Seitenkette im Benzol der Salicyl- oder Orthoreihe entspricht. Um Indol zu liefern, müßte daher auch die Nitrogruppe und die Gruppe CH.CH.COOH in der Nitrozimmtsäure dieselbe Stellung einnehmen. Dies ist aber nicht der Fall, vielmehr gehört die Nitrozimmtsäure wenigstens zum größten Theil der Parareihe an, da sie bei der Oxydation mit chromsaurem Kali und Schwefelsäure eine Paranitrobenzoësäure liefert, deren Schmelzpunkt bei 234° C. gefunden wurde, während die reine Säure bei 240° C. schmilzt. Ob der Paranitrozimmtsäure ein wenig Orthosäure beigemengt ist, oder ob der Stickstoff beim Schmelzen mit Kali seine Stellung ändert, ließen Baeyer und Emmerling damals dahingestellt; sie sprachen jedoch die Ueberzeugung aus, daß die Orthonitrozimmtsäure beim Schmelzen mit Kali in glatter Weise Indol liefern würde und kündigten Versuche an, diese Säure darzustellen.

Seitdem sind nicht nur die Nitrozimmtsäuren näher untersucht worden, es ist auch gelungen, die Zimmtsäure, welche sich nach der oben angeführten Formel auch als Phenylacrylsäure auffassen läßt, auf künstlichem Wege darzustellen.

Wir dürfen das Verfahren, die Zimmtsäure aus Storax abzuscheiden, als bekannt voraussetzen. Perkin[1]) zeigte und Tiemann und Herzfeld[2]) bestätigten, daß sich die Zimmtsäure aus Benzaldehyd (Bittermandelöl) darstellen läßt, indem man denselben mit Essigsäureanhydrit und trocknem Natriumacetat, das stark wasserentziehend wirkt, erhitzt und zwar entsprechend der folgenden[3]) Gleichung:

$$2\,C_6H_5.COH + \left.\begin{matrix}CH_3.CO\\CH_3.CO\end{matrix}\right\}O = 2C_6H_5.CH:CH.CO_2H + H_2O$$

Benzaldehyd Zimmtsäure.

Beilstein und Kuhlberg[4]) constatirten, daß sich bei Einwirkung concentrirter Salpetersäure auf Zimmtsäure zwei Nitrosäuren, die Para- und Orthonitrozimmtsäure bilden, welche sich durch Krystallisation ihrer Aethyläther aus alkoholischer Lösung trennen lassen. Die Orthoverbindung ist in Alkohol leicht löslich, die Paraverbindung hingegen fast unlöslich. Endlich sei erwähnt, daß Schiff[5]) aus dem Nitrobenzaldehyd nach dem Perkin'schen Verfahren durch Erhitzen mit Essigsäureanhydrit und Natriumacetat direct Nitrozimmtsäure darstellte.

Die weitere Darstellung von Derivaten der Ortho-Nitrozimmtsäure und den Homologen und Substitutionsproducten dieser Derivate, sowie die Umwandlung derselben in Indigblau und verwandte Farbstoffe ist nun Gegenstand der oben erwähnten, neuesten Baeyer'schen Patente. Zwar sind über dieselben bis jetzt nur spärliche Notizen[6]) in die Oeffentlichkeit gedrungen, doch ist letzteren zu entnehmen, daß Baeyer den Benzaldehyd (Bittermandelöl) auf einem neuen Wege darstellt und die Nitroverbindung desselben in Ortho-Nitrozimmtsäure überführt. Aus Letzterem soll eine Bromverbindung dar-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875, Bd. 8, S. 1549.

2) Daselbst 1877, Bd. 10, S. 68.

3) In analoger Weise lassen sich sehr viele vom Benzol sich ableitende und mit ungesättigten Seitenketten versehene Säuren darstellen. So liefert der Benzaldehyd mit Propionsäureanhydrit die Phenylcrotonsäure $C_6H_5.C_3H_4CO_2H$, mit Buttersäureanhydrit die Phenylangelicasäure $C_6H_5.C_4H_6.CO_2H$ u. s. w.

4) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1872, Bd. 5, S. 29 u. 329.

5) Daselbst 1878, Bd. 11, S. 1782.

6) Reimanns Färberzeitung 1880, Nr. 27, S. 263.

gestellt werden, welche beim Kochen mit Sodalösung namentlich nach Zusatz eines Reductionsmittels Indigblau ausscheidet. Statt der Nitrozimmtsäure oder Nitrophenylacrylsäure soll auch die Nitrophenyloxacrylsäure

$$C_6H_4<^{NO_2}_{C(OH)CH.COOH}$$

ferner die Nitrophenylpropiolsäure $C_6H_4<^{NO_2}_{C\equiv C.COOH}$ als Ausgangspunkt für die Indigblaudarstellung dienen können. Erstere soll beim blosen Erhitzen Indigblau liefern und solches beim Dämpfen der mit ihr imprägnirten Faser auf letzterer zu fixiren im Stande sein, entsprechend der Gleichung

$$2\,C_9H_7(NO_2)O_3 = C_{16}H_{10}N_2O_2 + 2\,CO_2 + 2\,H_2O + 2\,O$$

Wir dürfen bald genaueren Mittheilungen über die Baeyer'schen Patente, deren Ausbeutung der Badischen Anilin- und Sodafabrik überlassen sein soll, entgegensehen.

Wir wollen nicht unerwähnt lassen, daß auch Claisen und Shadwell[1]) auf dem in Rede stehenden Gebiete eine verdienstvolle Arbeit geliefert haben, durch welche sie zeigten, daß man von der Orthonitrobenzoësäure ausgehend zu dem Isatin gelangen kann. Die Orthonitrobenzoësäure wurde durch Behandlung mit Phosphorpentachlorid in Orthonitrobenzoylchlorid und letzteres durch Behandlung mit Cyansilber in Orthonitrobenzoylcyanid verwandelt. Längeres Stehen des Cyanids mit rauchender Salzsäure führt letzteres vollständig und ohne jede Nebenreaction in das zugehörige Amid über, entsprechend der folgenden Gleichung:

$$C_6H_4(NO_2CO.CN + H_2O = C_6H_4(NO_2).CO.CONH_2$$

Orthonitrobenzoylcyanid Orthonitrophenylglyoxylsäureamid.

Das Amid läßt sich durch Erwärmen mit Alkalilauge in orthonitrophenylglyoxylsaures Salz verwandeln, dessen Lösung unter dem Einflusse reducirender Mittel (am besten beim Behandeln der alkalischen Lösung mit Eisenvitriol) sofort isatinsaures Salz liefert. Die beiden letzteren Reactionen finden durch folgende Gleichungen ihren Ausdruck.

$$C_6H_4(NO_2)CO.CONH_2 + KOH = NH_3 + C_6H_4(NO_2)CO.COOK$$
$$C_6H_4(NO_2)CO.COOK + 6H = 2H_2O + C_6H_4(NH_2)CO.COOK.$$

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1879, Bd. 12, S. 350.

Aus der Lösung des isatinsauren Kalis scheidet sich das Isatin auf Zusatz von Salzsäure aus.

Freilich würde das hiermit angedeutete Verfahren, zum Isatin und somit auch zu dem Indigblau zu gelangen, weit weniger einfach sein als das neuere Baeyer'sche Verfahren.

Wir gedenken schließlich noch einer Abhandlung Baeyer's[1]), in welcher derselbe unter anderen mehrere von ihm dargestellte Substitutionsproducte des Indigblaus beschreibt. Von denselben sind zu erwähnen ein Bromindigo von der Formel $C_{16}H_8Br_2N_2O_2$, ferner eine Nitro- und einer Amidoverbindung des Indigblaus.

Zur Darstellung des Nitroindigo's wird Nitroisatin mit der 8 bis 10 fachen Menge Phosphoroxychlorid übergossen und die Flüssigkeit unter allmählichem Zusatz von Phosphorpentachlorid gekocht, bis alles in Lösung übergegangen ist. Die hellgelbbraune Flüssigkeit wird darauf in einer Kältemischung stark abgekühlt und mit einer 30 procent Auflösung von Jodwasserstoffgas in Eisessig (ein Mol. JH auf ein Mol. Nitroisatin) versetzt, hierauf mit dem 5 fachen Volumen kalten Eisessigs verdünnt und endlich in ein Gemisch von verdünnter schwefliger Säure und Eis gegossen. Der Nitroindigo scheidet sich hierbei in Form eines rothvioletten Niederschlags ab. Die Zusammensetzung entspricht der Formel $C_{16}H_8(NO_2)_2N_2O_2$.

Der Nitroindigo bildet ein dunkel-kirschrothes Pulver, welches fast ganz unlöslich in Alkohol, Aether, Chloroform und Eisessig ist, sich dagegen reichlich mit kirschrother Farbe in heißem Nitrobenzol sowie in Phenol löst, woraus es beim Erkalten in mikroskopischen Krystallen ausfällt; das Absorptionsspectrum dieser Lösung zeigt einen breiten Streifen im Gelb, welcher gegen das Roth hin scharf abgegränzt ist, während er nach dem Grün zu allmählich verläuft, ähnlich wie dies auch beim Spectrum des Indigblaus der Fall ist.

In concentirter Schwefelsäure löst sich die Substanz in der Kälte mit veilchenblauer Farbe; das Spectrum dieser Lösung zeigt zwei undeutliche Streifen im Gelb und Roth. Beim Erhitzen verpufft Nitroindigo schwach unter Entwickelung rothvioletter Dämpfe.

---

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1879, Bd. 12, S. 1309.

Reductionsmittel verwandeln Nitroindigo in Amidoindigo. Zur Darstellung trägt man möglichst fein zertheilten Nitroindigo in kochenden Eisessig ein und setzt allmählich Zinkstaub hinzu, bis aller Nitroindigo verschwunden und die anfangs durch die Bildung von Amidoindigo blaugefärbte Flüssigkeit farblos geworden ist. Das Filtrat färbt sich an der Luft intensiv dunkelblau und bleibt vollkommen klar, wenn genug Essigsäure vorhanden war. Durch vorsichtiges Neutralisiren mit Soda wird der Amidoindigo daraus in rein blauen Flocken gefällt, welche zur Entfernung von etwas mit niedergerissenem Zink in kalter, verdünnter Salzsäure gelöst und aus dieser Lösung nach dem Abstumpfen der Säure mit Soda durch essigsaures Natron gefällt werden. Zur Entfernung der letzten Spuren von Zink ist es nothwendig, die letztere Operation mehrmals zu wiederholen. Die so erhaltene Substanz gab nach dem Trocken bei der Analyse Zahlen welche folgender Formel entsprechen:

$$\text{Amidoindigo} = C_{16}H_8(NH_2)_2N_2O_2$$

Der Amidoindigo wurde in tiefdunkelblauen Flocken erhalten, die beim Trocknen fast schwarzviolett werden. Er ist nahezu unlöslich in Alkohol, Aether und Chloroform, sehr leicht dagegen löslich in Eisessig mit rein blauer Farbe. Das Absorptionsspectrum der verdünnten Lösung zeigt einen breiten, schwarzen Streifen im Gelb, der wie beim Indigblau schnell gegen Roth und langsam gegen Grün hin abnimmt. In verdünnten Mineralsäuren ist der Amidoindigo mit derselben Farbe leicht löslich, conc. Salzsäure giebt einen schwarzblauen Niederschlag, der sich beim Verdünnen mit Wasser wieder löst. Die salzsaure Lösung färbt sich auf Zusatz von salpetrigsaurem Natron schön purpurroth. Natronlauge fällt daraus schmutzig braune Flocken. Der Amidoindigo scheint sich in Berührung mit Wasser an der Luft zu oxydiren, da die anfangs rein blauen Flocken nach einiger Zeit schmutzig graublau werden und sich nicht mehr in Säuren lösen, während das Wasser sich braun färbt. Beim Erhitzen verkohlt die Substanz vollständig. Mit Zinkstaub und Essigsäure behandelt, giebt sie sehr leicht eine Küpe. Das bemerkenswertheste Resultat der in Obigem mitgetheilten Untersuchungen über die Substitutionsproducte des Indigos ist wohl der Umstand, daß die Ei=

genschaften des Farbstoffes durch Substitution im Benzolkern fast gar nicht geändert werden. Hiernach darf man annehmen, daß manche Substitutionsproducte des Indigblaus das letztere zu ersetzen im Stande sind.

Wir haben es im Vorstehenden unterlassen in eine Discussion über die Constitutionsformel des Indigblaues einzutreten. Zwar darf man nach dem Ergebniß der bereits erwähnten, von Sommaruga ausgeführten Dampfdichtebestimmung des Indigblaus annehmen, daß sich bei der Ueberführung des Isatins in Indigblau zwei Moleküle des ersteren zu einem Molekül des letzteren vereinigen, doch fehlt es zur Zeit noch an Anhaltspunkten, um zu beurtheilen, in welcher Weise die Vereinigung der Isatinmoleküle erfolgt. Baeyer führt in der zuletzt citirten Abhandlung an, daß er sich von vornherein die Vorstellung gemacht habe, daß die Isatinmoleküle sich an der Stelle condensiren, an welcher das Chlor im Isatinchlorid befindlich ist, daß ihm aber die bis jetzt vorhandenen experimentellen Thatsachen nicht ausreichend erscheinen, um sich vorzustellen, was außerdem bei der Bildung des Indigos vor sich geht und daß er daher auch jetzt noch unterlasse eine Formel für das Indigblau aufzustellen. Das ist nun zwar von anderer Seite geschehen. So haben Baumann und Tiemann[1]) ihre Ansichten dahin ausgesprochen, daß das Indigblau als ein Derivat das Diphenyls zu betrachten sei, in dessen Seitenketten eine Chinongruppe enthalten sei; sie halten aber auch die Möglichkeit nicht für ausgeschlossen, daß bei dem Zusammentreten zweier Indoxylreste zu Indigo nicht die Benzolkerne, sondern die Seitengruppen verkettet werden, und sind daher zunächst die Ergebnisse weiterer Untersuchungen abzuwarten.

Fortschritte in der Reinigung des Steinkohlengases.[2])

Die Reinigung des aus der Retorte tretenden rohen Leuchtgases hat sich bekanntlich außer auf die Abscheidung von Theer und Wasser noch auf die Beseitigung gewisser Verbindungen des Schwefels, des Stickstoffes und von Kohlensäure

1) Ber. d. deutsch. chem.-Ges. 1879, Bd. 12, S. 1102 u. 1194.
2) Von Herrn Merz zusammengestellt.

zu erstrecken und zwar sind es nicht nur Rücksichten auf die Anforderungen der Consumenten an die Qualität des Productes, sondern auch im Betriebe der Gasfabrikation selbst liegende Beweggründe, aus welchen die Gastechnik diesem Zweige unausgesetzt ihre volle Aufmerksamkeit zu widmen hat. Die Mittel zur Reinigung des Gases sind theils mechanische oder physikalische, wie Abkühlung und Condensation, Filtration, Waschung, theils chemische, indessen greifen dieselben häufig ineinander ein. Damit die in der Zusammensetzung des Rohgases selbst sich darbietenden Mittel zur Reinigung völlig zur Geltung kommen, muß der Grundsatz befolgt werden, das Gas nur allmählich und mit geringer Geschwindigkeit bis auf die Bodentemperatur abzukühlen, bezw. langsam durch die Condensationsapparate zu führen. Man weiß jetzt, daß neben der möglichst vollständigen Abscheidung der flüssigen Nebenbestandtheile auch die Conservirung der für die Leuchtkraft des Gases wichtigen dampfförmigen Bestandtheile zu erstreben ist. Die Benzoldämpfe müssen möglichst im Leuchtgase verbleiben und deshalb ist die Anwendung von zu großen Wassermengen beim Waschen des Gases zu vermeiden; das Naphtalin sucht man soweit auszuscheiden, daß nicht später durch freiwillige Ausscheidung störende Ablagerungen und Verstopfungen in Röhren und Apparaten eintreten.

Mit der **Bildung von Naphtalin und damit zusammenhängenden Fragen** hat sich in neuester Zeit namentlich der Chemiker der Berliner Gaswerke, Dr. **Tieftrunk**[1]) sehr eingehend beschäftigt. So lange noch die Absonderung von Theer, welcher durch seinen Gehalt an Phenolen charakterisirt ist, sowie von öligen Producten andauert, wird eine Ausscheidung von starrem Naphtalin nicht zu erwarten sein, da es von den öligen Phenolen und Kohlenwasserstoffen sehr gut gelöst wird; erst hinter der Vorreinigung, wo die Theerabsonderung beendet ist, beginnt für manchen Gasfachmann die Noth mit den Naphtalinabsätzen. Die im Straßengas noch verbleibenden dampfförmigen und Naphtalin ebenfalls gut lösenden Kohlenwasserstoffe könnten erst mit ihrer unter 0°

1) Journ. f. Gasbeleuchtung 1877, S. 509; Wagner's Jahresber. 1877, S. 1060.

beginnenden Condensation flüssige Abscheidung von Naphtalin bewirken. Damit nach der Reinigung nur noch möglichst wenig Naphtalin im Gase verbleibt, hat man das Rohgas, wie es in England geschieht, möglichst langsam bis zur Bodentemperatur zu kühlen; in den Eisenoxydreinigern, welche zur Erreichung des vorliegenden Zweckes und besonders mit Rücksicht auf die in ihnen eintretende Temperaturerhöhung ebenfalls abgekühlt zu halten sind, sollen diejenigen Mengen von Naphtalin in starrer Form möglichst vollständig zurückbleiben, welche bis dahin der flüssigen Ausscheidung mit den öligen Producten entgangen sind.

Tiefstrunk hat aber weiter gefunden, daß so wie freies Ammoniak, in Wasser gelöst, ein gutes Lösungsmittel für Naphtalin ist, auch die Menge des im Gase verbleibenden Naphtalindampfes zunimmt mit dem Gehalt des Gases an freiem Ammoniak, daß daher mit großer Sorgfalt auf eine möglichst vollständige Entfernung des Ammoniaks durch die berieselten Scrubber zu achten sei, wenn die mechanische Zurückhaltung des Naphtalins durch die Eisenreiniger nicht beeinträchtigt werden soll. Tiefstrunk ist der Ansicht, daß so lange der Chemie eine Methode zur quantitativen Bestimmung des Naphtalins fehlt, Ammoniakbestimmung Naphtalinbestimmung bedeute, und daß Ammoniakentfernung Naphtalinentfernung sei. Er erachtet die Thätigkeit der nassen Scrubber mit Rücksicht auf das Naphtalin und die Entlastung der Eisenreiniger dann für genügend, wenn hinter den ersteren höchstens 34 Gr. Ammoniak in 100 Cubcentim. Gas gefunden werden; die Eisenreiniger müssen dann weiter den Ammoniakgehalt des Straßengases bis auf weniger als 2 Gr. in 100 Cubcentim. herabsetzen.

Als Nachtrag zu den bereits Band 14 Seite 402 dieses Jahrb. erwähnten neueren Mitteln zu vollständigerer Theercondensation sei angeführt, daß sich hierzu, also zur Vorreinigung, auf den Gaswerken der Deutsch. Continental-Gasgesellschaft Schichten von feinem Kokeklein (Breeze) sehr bewährt haben; dieselben werden von Zeit zu Zeit von den absorbirten Ammoniaksalzen durch Auslaugen befreit und ausgewaschen. Die neueren Untersuchungen von Tiefstrunk, Buhe[1]) u. A.

1) Journ. f. Gasbel. 1878, S. 36.

haben sehr deutlich gezeigt, welche große Rolle die mechanische Wirkung (Flächenanziehung) der Eisenoxydreiniger, die einem großen Schwamm zu vergleichen sind, so wie der trocknen Scrubber und analogen Filtrirapparate in der Reinigung des Gases spielt.

Reinigung des Gases von Schwefel. Tiefstrunk[1]) giebt an, daß im Mittel etwa $^2/_3$ des außer Schwefelwasserstoff im Rohgase vorhandenen Schwefels als Schwefelkohlenstoff vorhanden sei. In Breslauer Leuchtgas fand Prof. Poleck[2]) pro 100 Cubcentim. im Retortenhause 60 Gr. und im schwefelwasserstofffreien gereinigten Gase 29,5 Gr. Schwefel; von dem letzteren Betrag entfielen 23,5 Gr. auf den Schwefelkohlenstoff, so daß 6,1 Gr. Schwefel in Form anderer Verbindungen vorhanden sein mußten, unter welchen letzteren Poleck u. A. das durch seinen Geruch markirte Phenylsenföl, $N\begin{cases}(CS)\\C_6H_5\end{cases}$ vermuthen. Das im Gaswasser auftretende Schwefelcyanammonium ist wohl kein Bestandtheil des Rohgases, sondern bildet sich nachträglich in der Kälte durch die Einwirkung von Schwefelkohlenstoff auf Schwefelammonium (oder Ammoniak) in folgender Weise:

$$CS_2 + (NH_4)_2S = CS\begin{cases}SNH_4\\SNH_4\end{cases} = 2H_2S + N\begin{cases}CS\\NH_4\end{cases}$$

(sulfokohlensaur. Ammonium) (Schwefelcyanammonium)

Der Schwefelwasserstoff wurde von jeher im normalen Betrieb vollständig aus dem Gase entfernt, und zwar ein Theil desselben schon gelegentlich der Abscheidung des Ammoniaks im Condensationswasser und Waschwasser, der größte Theil aber durch Kalkhydrat; jetzt geschieht dies durch Eisenoxydhydrat. So wirksam die Kalkreinigung gegenüber dem Schwefelwasserstoff und zugleich der Kohlensäure sich erwiesen hat, so mußte sie doch aufgegeben werden und zwar weniger wegen der Kostspieligkeit, als wegen der großen Schwierigkeiten, welche namentlich größeren Anstalten bei der Beseitigung der

---

1) Journ. f. Gasbel. 1876, S. 476.

2) Beiträge zur Toxikologie und Analyse des Leuchtgases von Poleck und Biefel: Amtl. Ber. d. 50. Versamml. deutsch. Naturforscher u. Aerzte 1877, S. 134.

belästigenden (nach Theer und Schwefelammonium riechenden) Reinigungsrückstände, des sogen. Grünkalks, sich entgegenstellten. Das Eisenoxydhydrat wurde anfänglich sehr allgemein als sogen. Laming'sche Masse d. i. eine der Luft genügend lange ausgesetzt gewesene Mischung von Eisenvitriol, Kalkhydrat und Sägespähnen angewendet, doch soll diese Masse in den deutschen Gaswerken so gut wie nirgends mehr in Gebrauch sein. Mit bestem Erfolge verwendet man jetzt verschiedene Arten von natürlich vorkommendem Eisenoxydhydrat, namentlich vielfach Raseneisenerz, so in Berlin niederschlesisches aus dem Haynauer Revier, in Leipzig u. a. O. einen in der Gegend von Gießen bergmännisch gewonnenen manganhaltigen Eisenmulm. (Das Manganoxyd besitzt nach Schilling keinen Vorzug vor dem Eisenoxyd und regenerirt langsamer als das letztere.) Die Eisenerze werden mehr oder weniger fein zerkleinert, in der Regel mit dem gleichen Volumen Sägemehl behufs der Auflockerung gemischt und angefeuchtet in die Reinigungskästen eingeschichtet. Ihre Wirksamkeit erreicht erst nach mehrmaliger Wiederbelebung das Maximum. Die Gaswerke der D. Contin.-Gasges. bedienen sich bereits seit 1866 der sogen. Deicke'schen Masse, welche aus einer Mischung von viel Schwefel enthaltender ausgenutzter Reinigungsmasse mit Eisenspähnen durch Einleiten von Dampf und Oxydation an der Luft bereitet wird. Auch der in den Anilinfabriken bei der Reduction des Nitrobenzols mit Eisen sich ergebende aus Eisenoxydhydrat bestehende Rückstand wird ausgedehnt verwendet. Neuestens hat man in England abgerösteten Schwefelkies zur Gasreinigung herangezogen, auch Sostmann in Minsleben, sowie die chem. Fabrik in Schönebeck reinigen das Gas mit gutem Erfolge mit Kiesabbränden.

Bekanntlich liegt der große Vortheil der Reinigung des Gases durch Eisenoxydhydrat darin, daß das durch den Schwefelwasserstoff in Schwefeleisen übergegangene Eisenoxyd durch Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit wiederhergestellt und so oft 40 mal von Neuem zur Reinigung verwendet werden kann. Die früheren Ansichten über die Processe bei der Reinigung und Regeneration, wie sie namentlich bezüglich der Laming'schen Masse aufgestellt wurden (vergl. Graham-Otto, Lehrb. d. Chemie 4. Aufl. 1867 S. 1088)

haben sich als nicht ganz stichhaltig erwiesen. Auf der Versammlung der Gasfachmänner Deutschlands v. J. 1867 wurde eine Commission niedergesetzt, welche bezüglich der Reinigungsfrage weitere Untersuchungen anstellen sollte und hierdurch wurden in den beiden nächsten Jahren umfangreiche Arbeiten veranlaßt, welche die Anschauungen über die Eisenreinigung wesentlich klärten. Eine lehrreiche Uebersicht über diese Untersuchungen, angestellt von Deicke, Brescius, Cox, A. Wagner, Buhe u. A., findet sich in Schilling's Handbuch f. Steinkohlen-Gasbeleuchtung, 3. Aufl. Hier möge es genügen, anzuführen, daß auch die Laming'sche Masse wesentlich nur durch ihren Gehalt an Eisenoxydhydrat wirksam ist. Die Processe der Einwirkung des Schwefelwasserstoffs auf das Eisenoxydhydrat, sowie auch die Wiederbelebung sind complicirt, man kann indeß annehmen, daß das Eisenoxyd bei Gegenwart von etwas Wasser reichlich so viel Schwefel binden kann, als nöthig ist, um in Anderthalbfach-Schwefeleisen überzugehen, so daß sich der Proceß der Reinigung in seinem Hauptverlaufe und dem Sinne nach durch die Gleichung:

$$Fe_2O_3 + 3\,H_2S\ (+\ \text{Wasser}) = Fe_2S_3 + 3\,H_2O$$

ausdrücken läßt. Das Eisensesquisulfuret scheint theilweise zu zerfallen in $2\,FeS + S$. Der Hauptproceß bei der Wiederbelebung läßt sich folgendermaßen ausdrücken:

$$Fe_2S_3 + 3\,O\ (+\ \text{Wasser}) = Fe_2O_3 + 3\,S.$$

Daneben entsteht aber auch eine in der Regel nur kleine Menge von schwefelsaurem Eisenoxydul; eine Ausdehnung dieses nicht erwünschten Verlaufes der Oxydation kann durch gehörige Abkühlung und Feuchterhaltung der Masse während der Wiederbelebung sehr hintan gehalten werden.

Gewöhnlich wird behufs der Regeneration die Masse in 10—20 Centim. dicker Schicht an der Luft ausgebreitet; weit bequemer und in viel kürzerer Zeit vollzieht sich dieselbe im Reinigungskasten unter Durchblasen eines Luftstromes mittelst eines Körting'schen Dampfstrahlgebläses und es hat sich diese Regenerationsmethode in England und in Deutschland vielfach Eingang verschafft. Während mehrererseits über zu starke Erhitzung der Reinigungsmasse, besonders von Raseneisenstein und dadurch verursachtes Zusammenbacken bei der Wiederbelebung im Kasten geklagt wurde, war es z. B. in der Guß-

stahlfabrik zu Essen in mehrjährigem Betriebe möglich, durchschnittlich 27 mal die Regeneration im Reiniger selbst durchzuführen, wobei nur nach dem 16. Male eine Auflockerung der Masse außerhalb des Kastens nöthig war. Grahn[1]) findet die Ursache eines so günstigen Resultates in der richtigen Korngröße des Reinigungsmateriales. — Eine Regeneration origineller Art findet man in einigen Werken Frankreichs; der Deckel des Reinigers wird geöffnet, die erschöpfte Masse etwas angefeuchtet und durch Verbindung des unteren Theiles des Kastens mit einem 600—800° C. heißen Schornstein ein Luftstrom durch die Reinigungsmasse gesaugt.

Ueber Verwerthung der nach oftmaliger Wiederbelebung unbrauchbar gewordenen Eisenoxyd-Reinigungsmasse siehe dies. Jahrb. 15. Jahrg. 1879, S. 405.

Der nach der völligen Beseitigung des Schwefelwasserstoffs im Gase zumeist als Schwefelkohlenstoff noch verbleibende Schwefelgehalt wird von den meisten Behörden, so in Deutschland, in Paris und meist auch in England ignorirt; in London (außerdem nur noch in Newcastle und Brighton) ist dagegen der im schwefelwasserstofffreien Gase noch vorhandene Schwefelgehalt gesetzlich beschränkt und es darf derselbe bei 100 Pf. Sterl. Strafe im Winter 57 Gr. und im Sommer 46,6 Gr. in 100 Cubikm. nicht überschreiten. Nun läßt sich aber bei der im Großbetriebe allein vortheilhaften Eisenoxydreinigung der Gehalt an Schwefel nur bis auf ca. 80 Gr. herabsetzen (man erklärt den hohen Gehalt des Londoner Gases an Schwefelkohlenstoff theilweise durch die dort übliche längere Destillationsdauer und die dickeren Schichten der Steinkohle in den Retorten, unter Hinweis auf die Erfahrung, daß der Schwefelkohlenstoff hauptsächlich in der zweiten Hälfte der Destillationsperiode gebildet wird) und es gelingt nur bei Anwendung von Schwefelcalcium (welches den Schwefelkohlenstoff bindet), dem Gesetze Genüge zu leisten. Das Gas wird erst durch Eisenoxyd von Schwefelwasserstoff befreit, alsdann durch Schwefelcalcium (oder nach Hill's Verfahren durch Schwefelnatrium oder Schwefelammonium) und zuletzt zur Bindung neu aufgetretenen Schwefelwasserstoffs nochmals durch Eisen-

---

1) Journ. f. Gasbel. 1876, S. 736.

oxyd geleitet. Die größte Schwierigkeit bietet aber bei diesem aufgezwungenen Verfahren die Beseitigung der enormen Massen des höchst übelriechenden erschöpften Schwefelcalciums, welcher wieder Strafen von anderer Seite entgegenstehen. Es ist begreiflich, daß die Londoner Gaswerke fortwährend den lebhaftesten Protest gegen diese Beschränkung erhoben haben und so wurde endlich 1875 eine lange, eingehende und kostspielige Untersuchung dieser „Schwefelfrage" im englischen Parlament zum Abschluß gebracht, indeß ohne daß eine Abänderung der bestehenden Vorschrift herbeigeführt worden wäre. Auch in deutschen Fachkreisen spricht man diesem den Schwefelgehalt des Gases so niedrig normirenden Gesetze die Berechtigung ab, da ein, wenn auch vielfach behaupteter Schaden durch die aus einem Gase mit etwas höherem Schwefelgehalt entstehenden Mengen von schwefliger Säure bezw. Schwefelsäure für noch nicht erwiesen erachtet wird.

In den Berliner Communalgaswerken wird [1]) von Seiten der Verwaltung regelmäßige Controle des Schwefelgehaltes des gereinigten Gases ausgeübt, wobei das mit Luft gemischte Gas durch ein rothglühendes mit Platinschwamm gefülltes Platinrohr geleitet, die entstehende Schwefelsäure in reinem kohlensauren Kali aufgefangen und gewichtsanalytisch bestimmt wird. Als Mittel jahrelanger Untersuchungen fand Tiefstrunk im Berliner Gase 23,6 Gr. Schwefel pro Cubikm. Gas und er berechnet hieraus, daß die Verbrennungsproducte dieses Gases nur 0,008 Volumprocent schweflige Säure (d. i. 1/5 des Kohlensäuregehaltes der atmosphärischen Luft) enthalten, wobei die Verdünnung durch die Zimmerluft noch nicht berücksichtigt ist. — G. Brügelmann fand im Leipziger Gase im Winter 1875 29—51 Gr., Poleck im Breslauer 1875 14—33 Gr., Hegener im Kölner bei Kalkreinigung 28—32 Gr., dagegen bei Eisenreinigung 50—60 Gr., in Hannover fand man im Durchschnitt 20 Gr. Schwefel pro 100 Cubikm. Gas.

Nicht unerwähnt möge bleiben, daß neuestens aus mehreren Städten Klagen laut geworden sind [2]) über die starke Abnutzung bezw. Verrostung der Schieber in den jetzt so be=

1) Vergl. den Vortrag von Dr. Tiefstrunk im Verein zur Beförderung d. Gewerbfleißes, abgedr. im Journ. f. Gasbel. 1876, S. 476.
2) Journ. f. Gasbel. 1878, S. 691.

liebten Gasmotoren; man schiebt diese Erscheinung auf die Verbrennungsproducte des im Gase enthaltenen Schwefelkohlenstoffs und sucht den Uebelstand durch geeigneteres Metall zu den Schiebern, möglichste Reinhaltung und passendes Schmiermaterial zu bekämpfen.

Reinigung des Gases von Ammoniak. Der im Mittel etwa 1 Proc. betragende Gehalt der Steinkohle an Stickstoff in organischer Verbindung tritt im Rohgase außer in Form von organischen Basen verschiedener Reihen und wohl auch einer kleinen Menge von Cyanwasserstoff vorwiegend als Ammoniak auf. Beim Brennen ammoniakhaltigen Gases wird der Stickstoff des Ammoniaks zum Theil frei werden, zum Theil aber, wie auch schon der Stickstoff der Luft, an der Oxydation Antheil nehmen und schließlich zur Entstehung von Salpetersäure Anlaß geben. Unter den Verbrennungsproducten solchen Leuchtgases findet man auch schwefelsaures Ammonium. Aus sehr rußenden Flammen stark ammoniakhaltigen Gases entweicht etwas Cyanwasserstoff, wie Le Voir, Gunning u. A. gezeigt haben. Die englischen Gesetze gestatten einen Maximalgehalt von 11,4 Gr. Ammoniak in 100 Cubikm., einen Betrag, welcher die in dem gereinigten Gase unserer deutschen Fabriken noch enthaltenen Ammoniakmengen weit übersteigt, gegen welche übrigens noch von keiner Seite ein Bedenken ausgesprochen worden ist. Eine möglichst vollständige Zurückhaltung des Ammoniaks ist indessen im Interesse der Gasfabriken selbst gelegen.

Längst sind die „Ammoniakwässer“ der letzteren die Hauptquelle für den außerordentlich gestiegenen Bedarf der Industrie, namentlich aber der Landwirthschaft an Ammoniak geworden und es sind diese Abfälle, welche sonst nur Belästigung verursachten, aus der Stufe der Fabrikationsrückstände in den Rang werthvoller Nebenproducte eingetreten. Außerdem fordert aber, wie sich Tieftrunk ausdrückt, der Selbsterhaltungstrieb die Gasfabriken zur Beseitigung des Ammoniaks auf, da dasselbe, in die Gaszähler gelangend, unter Mitwirkung des nie ganz fehlenden freien Sauerstoffs zerstörend auf das Metall des Uhrwerks wirkt, besonders dann, wenn dazu nicht nur reine Bronce, sondern auch Zink verwendet ist, und da in Folge dessen und der nun mitwirkenden Reibung ein Aus-

schleifen der Radzähne stattfinden und die an der Trommelachse sitzende Schraube ohne Ende leicht außer Eingriff in das erste Rad des Zählwerkes gebracht werden kann, so daß das Gas ferner ungemessen durch den Zähler geht. In den Berliner Gaswerken wird auch bezüglich des Ammoniakgehaltes das Leuchtgas vor seiner Abgabe regelmäßig controlirt, wobei als Grenze des zulässigen Gehaltes 1,7 Gr. in 100 Cubikm. oder 1,7 Mgr. in 100 Liter festgehalten wird. Ein Gaszähler läßt das Gas in eine Absorptionsflasche treten, worin genau so viel Schwefelsäure, als durch 1,7 Mgr. Ammoniak gesättigt wird, nebst einem Pigment (Aurin) sich befindet. Der Gaszähler sperrt sich nach dem Durchgang von 100 Liter selbstthätig ab, und der Controleur kann zu irgend einer späteren Zeit beobachten, ob die Flüssigkeit noch saure Reaction hat. Der Durchschnittsgehalt des Leuchtgases der vier Berliner städtischen Werke beträgt nur 0,97 Gr. in 100 Cubikm., während das Londoner Gas als Durchschnitt von 8 Monaten (1875) nach officiellen Bestimmungen 1,6 Gr., das Breslauer Gas nach neueren Bestimmungen 4 Gr. und das Pariser Gas nach Leblanc 9 Gr. Ammoniak enthält.

Die Beseitigung des Ammoniaks, welche früher häufig durch Anwendung von Schwefelsäure erstrebt wurde, geschieht jetzt ausschließlich durch die vereinigte Wirkung der Abkühlung, des Wassers und der im Gase selbst enthaltenen Säuren. Von den letzteren kommen hauptsächlich Kohlensäure und Schwefelwasserstoff in Betracht; nur beiläufig sei bemerkt, daß nach Dr. Gerlach's Untersuchungen [1]) manche Gaswässer (namentlich die aus Zwickauer Kohle) auffällig viel Chlorammonium enthalten, was auf den Gehalt der verwendeten Kohlen an Chloriden hinweist. In Folge der Dissociation, welche die Ammoniaksalze in höheren Temperaturen erleiden, wird das Ammoniak in dem aus der Retorte tretenden Gase frei vorhanden sein. Erst unter 58° C. verbindet sich allmählich das Ammoniak mit Kohlensäure und Schwefelwasserstoff zu Salzen. Mit der Niederschlagung von Wasser wird schon über 60° in diesem freies Ammoniak sich lösen und dadurch bei fallender Temperatur absorbirend

1) Dinglers pol. Journ. 205, S. 552.

auf die Säuren wirken, es werden aber die Ammoniaksalze nur in dem Maße in das Wasser übergehen, als es ihre jeweilige Dissociationsspannung zuläßt. Dr. Bunte[1]) berechnet ans den bekannt gewordenen Analysen, daß im Rohgase auf 1 Vol. Ammoniak 4 bis 6 Vol. Kohlensäure plus Schwefelwasserstoff vorhanden sind, wobei die Kohlensäure sehr überwiegt. Bei diesem großen Ueberschuß an Kohlensäure wäre die Bildung von saurem kohlensauren Ammoniak zu erwarten; man hat aber dieses Salz noch nicht im Condensationswasser aus Hydraulik und Condensator angetroffen, sondern nur im festen Zustande und zwar nach Tiefstrunk an drei Orten: in Betriebsröhren vor der Condensation, an den Deckeln der Scrubber und in den Reinigern und zwar theils als durchsichtige Stangen mit krystallinischer Endigung, theils als bräunliche, rhombische Krystallaggregate. Das Fehlen dieses Salzes im Condensationswasser entspricht seiner starken Zersetzung schon bei wenig erhöhter Temperatur, welche sich selbst bei 0° noch bemerklich macht. Dagegen hat man im Condensationswasser neben neutralem kohlensauren Ammoniak und Schwefelammonium immer etwas freies Ammoniak gefunden[2]), und es erklärt sich dies dadurch, daß bei Temperaturen in der Nähe von 60° die Dissociation der soeben genannten Ammoniaksalze schon ihrem Maximum nahe ist, während die Löslichkeit des freien Ammoniaks, nicht aber der freien Kohlensäure immer noch eine erhebliche ist. Man begreift, daß die Condensationswässer desto reicher an neutralen Ammoniaksalzen sind, je weiter entfernt von der Retorte, d. h. in je niederer Temperatur sie sich niederschlagen. Tiefstrunk fand den Gehalt derselben an kohlensaurem Ammoniak folgendermaßen: im Ablaufwasser von der Hydraulik 2—2,5 Proc., in dem Wasser aus den 37—50° C. warmen Röhren des Condensators 7,1 Proc., und in dem Wasser aus den 15°

1) „Studien über die Reinignng des Leuchtgases", Journal für Gasbel. 1877, S. 25; auch Chem. Centralbl. 1877, S. 185.

2) Tiefstrunk fand im Wasser der Vorlage mehr freies Ammoniak, als in dem Gaswasser des ersten Condensators, was für die nur schrittweise erfolgende Vereinigung des Ammoniaks mit der Kohlensäure spricht. Eine vollkommene Vereinigung dieser Gase ist in der Leuchtgasfabrikation überhaupt nicht anzunehmen.

warmen Röhren des letzteren 17,5 Proc. Auch läßt sich erwarten, daß das Mengenverhältniß zwischen Ammoniak und Kohlensäure in den verschiedenen Condensationswässern sehr verschieden ist. Nach Tiestrunk findet sich im Berliner Gase beim Austritt aus den Condensatoren pro 100 Cubikmeter noch 379 Gr. Ammoniak als Mittel vieler Bestimmungen und dieses Ammoniak fast völlig wegzunehmen gelingt in der heutigen Gasreinigung durch die systematische Benutzung der berieselten Scrubber.

Die Scrubber bezeichnet Oechelhäuser (a. a. O.) als die ersten Apparate, die allmählich ihre ursprüngliche Bestimmung ändern. Während sie sonst nur als letzte Condensationsapparate dienten, werden sie jetzt als nasse Reiniger benutzt, ja es sprechen Anzeigen dafür, daß es vielleicht einmal gelingen wird, sie zum Hauptsitz der Gasreinigung zu machen. Der wichtigste Fortschritt besteht zur Zeit darin, daß man in ihnen jetzt alles Ammoniak entfernt und dasselbe zugleich in möglichst concentrirtem Zustande erhält, wie es für Verarbeitung auf Salze wünschenswerth ist. Das Verdienst, diese beiden Principien zuerst in aller Consequenz praktisch durchgeführt zu haben, gebührt dem englischen Ingenieur William Man. Seine bis zu 25 Meter hohen und 6 Meter weiten Scrubberthürme sind jetzt ebenso ein Wahrzeichen der meisten neueren englischen Gaswerke, wie die riesenhaften Gasbehälter mit ihrem eleganten schmiedeeisernen Führungsgerüst. Diese großen gußeisernen Thürme haben eine Füllung von vielen auf Horden liegenden Kokeschichten und oben ein Wasserbassin mit einem durch eine Maschine von unten getriebenen Wasservertheilungsapparate.

In Deutschland wird neben dem Scrubber von Livesey, der mit gekreuzten und hochkantig stehenden Latten gefüllt ist, auch der Man'sche mit größtem Vortheil benutzt [1]), man zerlegt denselben aber in mehrere von geringer Höhe, auch wendet man häufig eine Füllung von Reißigschichten zwischen durchlochten Böden an. Zur Berieselung dient das schwache Con-

1) Bei einer deutschen Gasgesellschaft schloß das Conto für Ammoniakwasser im Jahre 1860 noch mit einem Gewinn von 37 Thlr. 6 Sgr. ab, während es 1877, nach nur zweijähriger Einführung der neuen Methoden, bereits 70000 Mark betrug.

densationswasser aus der Hydraulik und dem Condensator; dasselbe wird in den zu einem System zusammengestellten Scrubbern dem unten eintretenden Gase planmäßig entgegengeführt, und dann der Reihe nach auf die vorhergehenden Scrubber übergepumpt, so daß sich das Wasser auf seinem Wege immer mehr mit Ammoniaksalzen bereichert, während das Gas einem immer reiner werdenden, also auch stärker reinigend wirkenden Wasser entgegengeht. Reines Wasser wird entweder gar nicht mehr oder nur in sehr geringen Mengen in einem letzten Scrubber zur Nachwäsche verwendet. Die Waschflüssigkeit darf nur in möglichst geringer Menge angewandt und muß dem Gase in ganz gleichmäßiger und feinster Vertheilung dargeboten werden; hierzu ist eine gute Vertheilungsvorrichtung, wie die in Dresden angewendete vom Dir. Hasse[1]) oder die vom Generaldir. Oechelhäuser[2]) empfohlene und auf allen Anstalten der Continental-Gesellschaft angewandte unentbehrlich. Letztere gießt intermittirend im Winter alle fünf, im Sommer alle zwanzig Minuten eine bestimmte Wassermenge in den 2 Meter weiten und 4 Meter hohen Man'schen Scrubber, welche durch eine Turbine vertheilt wird, und es gelingt in Dessau mittelst der Scrubber, 85 Proc. allen Ammoniaks zu entfernen. In Berlin wurde der Ammoniakgehalt des Gases (s. o.) durch die Scrubber bis auf 50 bis 70 Gr. pro 100 Cubikm. verringert. Außer dem Ammoniak wird aber zugleich noch eine erhebliche Menge von Kohlensäure aus dem Gase entfernt (das angereicherte Waschwasser enthält nun außer neutralem auch viel saures kohlensaures Ammoniak) und, was besonders wichtig ist, das Ammoniakwasser gewinnt eine weit höhere Concentration (bis 15° B.) und hiermit weit höheren Werth. — Besonders zu beachten ist, daß die Scrubber nur dann vollkommen functioniren, wenn sie theerfrei bleiben, wenn also die Zertheilung des Wassers nicht beeinträchtigt wird. Außerdem muß der Raum der Scrubber der Gasproduction angemessen sein und mindestens 20 Cubikm. für 1000 Cubikm. tägliche Production betragen. — Die nach der Reinigung in den Scrubbern im

1) Journ. f. Gasbel. 1876, S. 466.
2) Daselbst S. 465.

Gase noch verbleibende Ammoniakmenge wird, wie schon erwähnt, durch die Eisenoxydreinigung bis auf einen ganz geringen Rest entfernt (s. o.).

Auf die in England verwendeten Körting-Cleveland'schen Dampfstrahlcondensatoren und Dampfstrahlscrubber [1]) kann hier nur aufmerksam gemacht werden.

Reinigung des Leuchtgases von Kohlensäure. Abgesehen von kleinen Mengen von Kohlensäure, welche nach den Versuchen von E. v. Meyer u. A. schon als Einschluß in der Steinkohle enthalten sind, ist die bei der Destillation auftretende Kohlensäure zumeist das Product des in der Kohle in organischer Verbindung enthaltenen Sauerstoffs. Von der sehr schwankenden Menge des letzteren hängt auch die wechselnde Menge der Kohlensäure ab; so enthält das Rohgas aus westphälischer Kohle mit 4 Proc. Sauerstoff 1,5 Proc Kohlensäure, dagegen das Rohgas aus Zwickauer und Waldenburger Kohle mit circa 10 Proc. Sauerstoff, 3—4 Proc. Kohlensäure. Die Erfahrung, daß namentlich solche Kohlen ein kohlensäurereiches Gas geben, welche ein bröckeliges Gefüge haben, oder beim längeren Lagern durch die Volumvermehrung ihres sich oxydirenden Schwefelkieses zerklüftet werden, findet wohl ihre Erklärung in dem von Varrentrapp und namentlich von E. Richters constatirten und näher untersuchten Angriff des atmosphärischen Sauerstoffs auf die organische Substanz der Steinkohle schon bei gewöhnlicher Temperatur, wobei unter oft bis zur Selbstentzündung steigender Wärmeentwickelung nicht nur in indirecter Weise durch Austritt von Kohlenstoff als Kohlensäure und Wasserstoff als Wasser, sondern wohl auch in directer Weise der Sauerstoffgehalt der Kohlen vergrößert wird.

Das in der Vorlage und im Condensator gekühlte, hierauf in den Scrubbern planmäßig mit Condensationswasser gewaschene und in den Eisenoxydreinigern vom Schwefelwasserstoff befreite Gas enthält — und dies ist die Lücke im jetzigen Reinigungsverfahren ohne Kalk — noch mehr oder minder erhebliche Mengen von Kohlensäure. Selbst wenn das Ammoniak des Rohgases ganz in saures kohlensaures Salz überginge, was aber in Wirklichkeit nicht statt-

1) Journ. f. Gasbel. 1875, S. 483 und 1877, S. 478 u. 638.

findet, so wäre doch seine Menge meist nur hinreichend, um einen kleineren Theil der gleichzeitig mit ihm entstandenen Kohlensäure zu binden bezw. in das Waschwasser überzuführen, zumal da auch ein Theil des Ammoniaks vom Schwefelwasserstoff in Anspruch genommen wird. Nun vermindert aber vielen Beobachtungen zufolge 1 Proc. Kohlensäure im Gase die Leuchtkraft desselben um 3—9 Proc. und so wird für Anstalten, welche kohlensäurereiches Gas (wie z. B. bei Verwendung schlesischer Kohlen) produciren, eine vortheilhafte Entfernung der Kohlensäure zur brennenden Frage, weil denselben nur die Wahl bleibt zwischen Anwendung theurer Zusatzkohle zur Aufbesserung der Leuchtkraft (engl. Cannelkohle oder böhmische Plattenkohle), oder dem kostspieligen Kalk, welcher außerdem durch seine übelriechenden Rückstände sehr belästigt. In vielen Fällen läßt man die im Gase verbleibende Kohlensäure passiren; so gelangt das Berliner Leuchtgas, welches nach der Abkühlung auf 15° C. 4,5 Vol. Procent Kohlensäure enthält, nach dem Verlassen der Eisenreiniger mit einem Gehalt von 2,7 Vol. Proc. zur Consumtion.

Daß das Bedürfniß nach einer Verbesserung des Reinigungsverfahrens in dieser Richtung lebhaft empfunden wird, spricht sich u. A. darin aus, daß im Jahre 1875 von Seiten des Vereins von Gas- und Wasserfachmännern Deutschlands ein Preisausschreiben erging, betreffs der Erfindung einer neuen, oder Verbesserung einer bekannten Methode, die Leuchtkraft des Gases durch vollständigere Entfernung der Kohlensäure aus demselben zu erhöhen, unter der Bedingung jedoch, daß das neue oder verbesserte Verfahren billiger und allgemeiner anwendbar und womöglich einfacher und weniger belästigend sei, als die bisher bekannten Methoden zur Entfernung der Kohlensäure. Obgleich nun bis zum Schluß der gewährten Frist (1. Jan. 1877) 20 Bewerbungen um den inzwischen auf 5150 Mark erhöhten Preis eingelaufen waren, so konnte doch die Commission für die Preisaufgabe keiner der Arbeiten den Preis zuerkennen (Protokoll d. 17. Versamml. des gedachten Vereins v. 5. Juni 1877). Am Schlusse ihres Berichtes sprach die Commission die Ansicht aus, „daß die Anwendung einer starken Ammoniakflüssigkeit für die weitere Entwickelung unseres Reinigungsverfahrens den eigentlichen

Kernpunkt zu bilden berufen ist und daß es darauf ankommen wird, ob ein geeignetes ökonomisches Verfahren zur Regenerirung der benutzten Ammoniakflüssigkeit praktisch ausgebildet werden könne. Wenn es gelingt, diese Aufgabe zu lösen, dann muß die nasse Reinigung mit Ammoniak ihrer Natur nach Vortheile bieten, wie sie mit anderen Verfahren nicht zu erreichen sind."

Verbessertes Reinigungsverfahren für Gas und Gaswasser von Hills. Den schon früher vielfach aufgetauchten Gedanken, das Leuchtgas von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff durch freies Ammoniak und Wasser zu reinigen und das Ammoniak immer wieder zu regeneriren, hat namentlich der Engländer Hills practicabel gemacht. Nach seinem neueren Patent vom 14. März 1874 verfährt Hills folgendermaßen. Das zum Reinigen von Gas ausgenutzte, mit Kohlensäure und Schwefelwasserstoff beladene Ammoniakwasser wird in einem Kessel auf 85° C. erhitzt; hierbei zerfallen die Ammoniaksalze infolge der Dissociation und es entweicht allmählich der größte Theil des Schwefelwasserstoffs und der Kohlensäure nebst einem nur kleinen Theil des Ammoniaks. Diese Gase treten durch ein Rohr in den unteren Theil eines höher stehenden Scrubbers ein, wo ihnen stark vorgewärmtes, zur Regeneration bestimmtes Ammoniakwasser entgegenfließt; dieses absorbirt den größten Theil des Ammoniakgases und gelangt hierauf durch ein zweites Rohr in den Kessel, um hier ebenfalls bis auf 85° erhitzt zu werden, während die Kohlensäure und der Schwefelwasserstoff größtentheils entweichen und einer hohen Esse zugeführt werden, nachdem ihnen zuvor der Rückhalt an Ammoniak durch Schwefelsäure entzogen worden ist. Aus dem Kessel fließt continuirlich das regenerirte Ammoniakwasser ab, während immer ein gleiches Quantum rohes aus dem Scrubber in den Kessel eintritt; die in der regenerirten Flüssigkeit enthaltene Wärme wird in einem Behälter mit Schlangenrohr auf die der Reinigung entgegengehende Flüssigkeit übertragen. Die so regenerirte Lösung von freiem Ammoniak kann bei der neuen Anwendung zur Reinigung des Gases ebensoviel Kohlensäure und Schwefelwasserstoff wieder aufnehmen, als sie bei der Regeneration verloren hat. — Nach einem späteren Patente (24. Mai 1875) führt Hills auch noch

die Trennung des bei dem beschriebenen Verfahren sich entwickelnden Schwefelwasserstoffs von der Kohlensäure aus, um aus dem ersteren Schwefelcalcium oder Schwefelammonium zur Reinigung des Gases von Schwefelkohlenstoff zu bereiten. Dr. Bunte hat durch Versuche gefunden, daß durch den Hills'schen Regenerationsproceß etwa $^4/_5$ der Kohlensäure und $^3/_4$ des Schwefelwasserstoffs aus dem Gaswasser ausgeschieden werden.

Das Hills'sche Verfahren ist in England mehrfach mit größtem Vortheil in Anwendung [1]); auf dem Continent hat es ebenfalls größte Beachtung gefunden und wurde es zuerst im Jahre 1876 von der Cont.-Gasges. in Dessau zur Ausführung gebracht; indessen sind die Versuche mit demselben noch nicht abgeschlossen und erst eine weitere Erfahrung wird lehren, ob es sich in so einfacher Form und mit so wenig Kosten ausführen läßt, daß es als praktisch überall anwendbar betrachtet werden kann. — Noch sei erwähnt, daß nach einer Berechnung des Dir. Buhe [2]) in Dessau die Kosten für Entfernung von 2 Proc. Kohlensäure aus 1 Mill. Cubikf. Gas, bezw. für Paralysirung der schädlichen Einwirkung auf die Leuchtkraft betragen würden: beim Hills'schen Verfahren im ungünstigsten Falle 87 Mark, bei Kalkreinigung 180 Mark und bei Anwendung böhmischer Plattenkohle 441 Mark.

Bunte's Vorschläge zu einer verbesserten Reinigung des Leuchtgases. In seinen „Studien über die Reinigung des Leuchtgases" (a. a. O.) hat Dr. Bunte seine auf specielle Untersuchungen in der Münchener Gasanstalt, sowie auf die in der Literatur niedergelegten Erfahrungen Anderer gegründeten Ansichten über diesen Gegenstand entwickelt. Die Grundidee Bunte's ist, an Stelle der getrennten Gasreinigung, der nassen im Scrubber und der trocknen in den Eisenoxydreinigern, eine einheitliche vollständige Reinigung von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff durch Ammoniaklösung einzuführen. Bunte faßt seine Ansichten in folgenden Sätzen zusammen: 1) „Das bei der Destillation der Steinkohle sich ergebende Condensationswasser ist zu verdünnt, um direct mit Vortheil zur Gasreinigung verwendet zu werden".

---

1) Journ. f. Gasbel. 1877, S. 83.
2) Daselbst 1876, S. 466.

Außerdem ist sein Gehalt an Ammoniak durchaus nicht hinreichend, um die während derselben Destillation mit ihm entstandenen Säuren zu binden, weshalb zur Gasreinigung eine weitere, aber stets im Kreislauf des Betriebes verbleibende Ammoniakmenge herangezogen werden muß. 2) „Zur Gasreinigung ist ein möglichst starkes Ammoniakwasser zu verwenden, das aus dem verdünnten nach üblichen Methoden (z. B. in Solvay's Apparat) gewonnen wird". 3) „Das Hills'sche Verfahren ruht auf rationeller Grundlage und ermöglicht bei genügender Concentration der zu regenerirenden Lösung die Einführung der nassen Reinigung des Gases" (von allem Schwefelwasserstoff und aller Kohlensäure). 4) „Die Regeneration des starken Ammoniakwassers erfolgt zweckmäßig erst nach der Zersetzung des Schwefelwasserstoffs und Abscheidung des Schwefels durch Eisenoxyd". Zu diesem Zwecke würde dasselbe mit Schwefelkiesröstrückständen planmäßig zu behandeln sein, in Auslaugekästen, ähnlich den zur systematischen Auslaugung der Rohsoda gebräuchlichen. Der in der Reinigungsmasse infolge der öfteren Wiederbelebung sich anhäufende Schwefel wird gewonnen. 5) „Das in der Vorlage und dem Condensator gesammelte Gaswasser ist von dem zur Reinigung bestimmten vollkommen zu trennen".

Nekrolog
für das Jahr 1879.

Franz Boll, Physiolog, geboren im Februar 1849 zu Neubrandenburg, starb als Professor der vergleichenden Anatomie und Physiologie an der Universität Rom nach längerem Leiden am 19. December. Nachdem er in Berlin Medicin studirt und 1869 promovirt hatte, wurde er Assistent im physiologischen Laboratorium von Dubois-Reymond, sah sich aber durch seinen schwankenden Gesundheitszustand genöthigt, nach Italien zu gehen, wo ihm 1873 eine Stellung an der Universität Rom und 1877 die erwähnte Professur übertragen wurde. Besonders sind seine Untersuchungen über die arterielle Circulation in der Retina und über das Sehroth im Auge der Menschen und Thiere bekannt.

Frank A. Bradley, amerikanischer Geolog, verunglückte im April in einer Goldmine in Georgia.

Johann Friedrich von Brandt, Botaniker und Zoolog, geboren 25. Mai 1802 in Jüterbogk, starb 7. August in Petersburg. Nach vollendetem Studium der Medicin war B. einige Jahre in Berlin thätig, ging aber 1831 nach Petersburg, wo er seitdem als Akademiker und Professor der Zoologie wirkte, die dortigen großartigen zoologischen Sammlungen gründete und verwaltete und zahlreiche Arbeiten über die Fauna Rußlands veröffentlichte.

John Allan Broun, Forscher auf dem Gebiete der Meteorologie und des Erdmagnetismus, geboren 1818 in Dumfries, 1842 bis 1850 Director von Brisbane's magnetischem Observatorium zu Makerstoun, 1851 bis 1870 Director des von Rajah von Travancore unterhaltenen Observatoriums in Trevandrum, dann aus Gesundheitsrücksichten nach Europa zurückgekehrt und folgeweise in Lausanne, Stuttgart und verschiedenen Orten Englands lebend, starb 22. November in London.

Rudolf Buchheim, Pharmakolog, geboren 1. März 1820 in Bautzen, studirte seit 1838 an der medicinisch-chirurgischen Akademie in Dresden, seit 1841 in Leipzig, übernahm 1845 die Redaction des „Pharmaceutischen Centralblattes" und ging 1847 als Professor der Pharmakologie an die Universität Dorpat, wo er 20 Jahre thätig war. 1867 wandte er sich in gleicher Stellung nach Gießen, wo er am 25. December starb. Er veröffentlichte „J. Pereira's Handbuch der Heilmittellehre" (Leipzig 1845—48) und „Lehrbuch der Arzneimittellehre" (Leipzig 1854—57, 2. Aufl. 1859).

Heinrich Burckhardt, hervorragender Forstmann, geboren 1810 zu Adelebsen am Solling, starb 14. December in Hannover. Nach vollendeten Studien trat B. in den hannover'schen Staatsdienst, war 1849—66 Forstdirector und Generalsecretär in Forstsachen in der Domänenkammer und seit 1869 Director der Abtheilung für Forsten bei der Finanzdirection in Hannover. Sein Hauptwerk ist „Säen und Pflanzen." (4. Aufl. Hannover 1870).

Jean Baptiste Alphonse Chevallier, Pharmaceut und Chemiker, geb. zu Langres am 19. Juli 1793, anfangs Inhaber einer Apotheke in Paris, seit 1825 Herausgeber des Journal de chimie médicale, nachher Professor der Chemie an der Ecole superieure de Pharmacie in Paris, starb 1. December. Im Jahre 1824 gab er mit Payen den „Traité des réactifs chimiques" heraus, veröffentlichte dann mit demselben Untersuchungen über den Hopfen und die Kartoffeln, die großes Aufsehen machten und beschäftigte sich insbesondere mit der öffentlichen Gesundheitspflege. Von seinen Werken sind besonders zu nennen: „Dictionnaire des drogues simples et composées" (5 Bde. 1826—29), Dictionnaire des altérations et falsifications des substances alimentaires, médicamenteuses et commerciales" (1850—52, 3. Aufl. 1858), Recherches sur les moyens appliquées à la conservation des substances alimentaires" (1858), „Du café, son histoire, son usage etc." (1862) Traité des désinfectants sous le rapport d'hygiène publique" (1862).

William Kingdon Clifford, englischer Mathematiker, geboren 4. Mai 1845 zu Exeter, starb Anfang März auf Madeira. Nachdem er King's College in London besucht, wo er sich schon fleißig mit mathematischen Studien beschäftigt, trat er in das Trinity College an Cambridge ein, dessen Fellow er nachmals wurde. Im August 1871 ging er als Professor der angewandten Mathematik und Mechanik in das Londoner University College, welche Stellung er behielt, bis er Anfang 1897 London verließ, um im milden Klima von Madeira Genesung von tödtlicher Krankheit zu suchen; auch war er seit 1874 Fellow der Royal Society. Die vor dieser Gesellschaft gelesenen oder sonst veröffentlichten mathematischen Abhandlungen sind nach seinem Tode ebenso wie eine Anzahl Essays und Vorlesungen über wissenschaftliche Gegenstände bei Macmillan u. Comp. in London erschienen. Noch bei seinen Lebzeiten erschienen die originellen „Elements of Dynamic" (1878).

Sir William Fothergill Cooke, berühmter Elektriker, starb in London Anfang Juli. Geboren 1806 in Durham, trat er 1826 in die Dienste der Ostindischen Compagnie, schied daraus 1835 und studirte in Paris und Heidelberg Anatomie und Physiologie. Eine Vorlesung über Schillings Telegraph lenkte 1836 seine Aufmerksamkeit auf die elektrische Telegraphie, er trat darauf in Verbindung mit Wheatstone, und 1837 wurden in England die ersten Versuche mit dem Nadeltelegraphen angestellt, 1844 wurde die erste elektrische Telegraphen-Gesellschaft gegründet. Seine Verdienste um die Einführung der elektrischen Telegraphie halber wurde C. 1871 in den Ritterstand erhoben, und 1871 wurde ihm eine Staatspension von 100 Pfund Sterling jährlich ausgesetzt.

Bernhard von Cotta, Geolog, 24. October 1808 zu Klein-Zillbach bei Wasungen als Sohn des berühmten Forstmann's Heinrich C. geboren, studirte er in Freiberg 1827—31 Bergbauwissenschaften und in Heidelberg Naturwissenschaft; wurde 1840 Secretär der Forstakademie zu Tharand, 1840—74 Professor der Geognosie und Versteinerungslehre an der Bergakademie in Freiberg und starb daselbst 14. September. Mit Naumann bearbeitete C. 1833—42 die erste „Geognostische Karte des Kgr. Sachsen" (12 Sectionen nebst Text) und dann selbstständig 1843—48 eine geognostische Karte von Thüringen (4 Sectionen). Von seinen sonstigen zahlreichen Arbeiten mögen nur die „Geognostischen Wanderungen" 1836—38, 2 Bde., die „Geolog. Briefe aus den Alpen" 1850, seine Schriften über Erzlagerstätten, „die Geologie der Gegenwart" 1866, „Deutschlands Boden, sein geolog. Bau und dessen Einwirkung auf das Leben des Menschen" 1854, 2 Bde., „Der Altai" 1871, das Resultat einer im Auftrag des Kaisers von Rußland ausgeführten Reise genannt werden. — Vgl. den Nachruf von A. Stelzner im „Neuen Jahrbuch f. Mineralogie."

Heinrich Wilhelm Dove, der berühmte Physiker und Meteorolog, geboren 6. October 1803 in Liegnitz, starb 4. April in Berlin. Nachdem er sich in Breslau und Berlin mathematischen und physikalischen Studien gewidmet, habilitirte er sich 1826 in Königsberg und wurde 1829 an die Berliner Universität berufen, der er bis zu seinem Tode — seit 1845 als ordentlicher Professor — angehörte; auch hat er eine Zeit lang an Berliner Gymnasien und militärischen Lehranstalten unterrichtet. Auf rein physikalischem Gebiete hat sich D. namentlich mit optischen und elektrischen Untersuchungen beschäftigt, seine Hauptthätigkeit aber liegt auf dem Felde der Meteorologie, und wenn man den Zustand dieser Wissenschaft vor 50 Jahren ins Auge faßt und die Förderungen betrachtet, die sie von Dove in einer langen Reihe von Jahren empfing, so kann man ihn wohl den Vater der wissenschaftlichen Meteorologie nennen. Für Preußen wurde er der Schöpfer des Systems meteorologischer Beobachtungen, welches in dem 1846 gegründeten meteorologischen Institute seinen Abschluß fand. D.'s Namen führt mit Recht das schon dem Aristoteles bekannte Drehungsgesetz der Winde, das D. nicht nur erklärte, sondern auf das er auch die wichtigsten Aenderungen in den Witterungsverhältnissen zurückzuführen wußte, so daß dasselbe die Grundlage der neuern Meteorologie geworden ist. Aus der langen Reihe meteorologischer Schriften D.'s begnügen wir uns die folgenden anzuführen: „Ueber die nichtperiodischen Aenderungen der Temperaturvertheilung auf der Oberfläche der Erde" 6 Thle. 1840—59, „Temperaturtafeln" 1848, „Die Verbreitung der Wärme auf der Oberfläche der Erde" (2. Aufl. 1852), „Die Verbreitung der Wärme in der nördlichen Hemisphäre" 1855, „Klimatologische Beiträge" 1857—69, „Monats- und Jahresisothermen in Polarprojection" 1864, „Darstellung der Wärmeerscheinungen durch 5tägige Mittel" 3 Thle. 1856—69, „das Gesetz der Stürme" 1857, „Ueber Eiszeit, Föhn und Scirocco" 1867, „Klimatologie von Norddeutschland" 2 Thle. 1868—72.

C. P. Edison, Neffe des bekannten amerikanischen Erfinders und dessen Hauptgehilfe bei Anfertigung der lautsprechenden Telephone,

starb im Alter von 24 Jahren in Paris im October, wo er seines Oheims System der Quadrupler-Telegraphie versuchte.

Edward Edwards, seit ungefähr 20 Jahren mit dem Studium der Seethiere in ihren natürlichen Verhältnissen beschäftigt, Erfinder des „Dunkelzimmer-Teichs", in welchem solche Thiere lange Zeit in der Gefangenschaft erhalten werden können und dessen Princip nachher bei Anlage von Seeaquarien verwendet wurde, starb in Anglesea im August.

Friedrich von Ewald, Physiker, längere Zeit Instructor des Zarewitsch, starb im Alter von 76 Jahren in Petersburg 16. October.

Faivre, Doyen der Facultät der Wissenschaften in Lyon, starb 25. Juni. Er schrieb außer botanischen Arbeiten und Untersuchungen über die Physiologie der Insecten ꝛc ein Werk über die Veränderlichkeit der Arten, in welchem er die Lehre Darwins bekämpft.

Louis Favre, der Erbauer des St. Gotthardtunnels, wurde 19. Juli im Tunnel auf der Seite von Göschenen vom Schlage getroffen und starb plötzlich. Geboren als Sohn eines Zimmermanns in Chêne Bourg bei Genf, wanderte er 17 Jahre alt nach Frankreich, wo er Gelegenheit fand, sein Talent für Mechanik zu bethätigen; durch Betheiligung an Eisenbahnbauten erwarb er ein bedeutendes Vermögen und zog sich dann in die Nähe von Genf zurück. 1872 wurde ihm der Bau des Gotthardtunnels übertragen, den er in acht Jahren zu vollenden versprach.

Eduard Fenzl, Professor der Botanik in Wien und Director des kaiserlichen botanischen Cabinets, starb 29. September im Alter von 72 Jahren.

Karl Fritsch, Meteorolog geb. 12. Aug. 1812 in Prag, widmete sich der juristisch-politischen Laufbahn und war nach Vollendung seiner Studien an der Prager Universität bis zum Jahr 1851 als Conceptspraktikant der Cameralgefällverwaltung angestellt. Daneben aber hatte er sich schon frühzeitig mit meteorologischen Beobachtungen beschäftigt, die er auf dem Kreil'schen Observatorium fortsetzte. Nachdem er Kreil 1846—48 auf einer Reise durch Oesterreich behufs magnetischer Beobachtungen begleitet, wurde er 1851 Adjunct der österreichischen Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus und 1862—1872 Vicedirector derselben. Seitdem im Ruhestand, starb er 26. December in Salzburg. Besonders bekannt ist er durch die von ihm seit 1843 angestellten phänologischen Beobachtungen, an denen bereits 1857 gegen 100 Theilnehmer an mehr als 70 Stationen thätig waren. — Vgl. seine Autobiographie in der Ztschr. des österreich. Ver. f. Meteorologie, April 1880

Wiliam Froude, berühmter Schiffsbau-Ingenieur, starb 4. Mai in Simons Town. Seit 1846 von praktischer Thätigkeit zurückgezogen lebend, beschäftigte sich F. mit wissenschaftlichen Arbeiten und unternahm insbesondere seit 1851 auf Brunel's Anregung eingehende Studien über die Bewegung eines Schiffes auf bewegtem Wasser, ein Problem, welches Dan. Bernoulli, Euler Moseley u. A. erfolglos zu lösen versucht hatten. F.'s Theorie, die zuerst 1861 der Institution of Naval Architects mitgetheilt wurde, hat trotz mancher Unvollkommen-

heiten allgemeinen Anklang und Eingang in die Praxis gefunden, namentlich bei der britischen Kriegsmarine.

Otto Funke, Physiolog, geb. 27. October 1828 in Chemnitz, starb 16. August in Freiburg i. Br. Nach vollendeten Studien in Heidelberg und Leipzig promovirte F. an letzterem Orte mit einer Abhandlung über das Milzvenenblut, habilitirte sich 1852 als Privatdocent für Physiologie, wurde 1853 außerordentlicher Professor und erhielt 1856 die Professur der physiologischen Chemie, folgte aber 1860 einem Rufe als Professor der Physiologie und Zoologie nach Freiburg. Außer vielen Arbeiten in Zeitschriften schrieb er ein „Lehrbuch der Physiologie", das 1855—70 5 Auflagen erlebte, nachdem er 1852 das von Günther begonnene Lehrbuch der Physiologie vollendet hatte; auch gab er 1853 einen „Atlas der physiologischen Chemie heraus."

Alfred Henry Garrod, englischer Physiolog und Anatom, geboren 14. Mai 1846 in London, 1872 Prosector der Zoological Society, 1874 Professor der Zoologie und vergleichenden Anatomie an Kings College, 1876 Fullerian Professor der Physiologie an der Royal Institution, auch Fellow der Royal Society, starb in London 17. October.

Heinrich Geißler, als Erfinder auf dem Gebiete der physikalischen Mechanik durch seine sinnreichen Apparate in den Kreisen der Naturforscher weit bekannt, starb 24. Januar in Bonn im Alter von 65 Jahren. Als Sohn eines thüringer Webers in Igelshieb (Meiningen) erhielt er keine gelehrte Erziehung; aber die Glasbläserkunst, die er des Erwerbs wegen erlernte, leitete ihn früh auf physikalische Studien und Experimente. Der Drang nach weiterer Ausbildung führte ihn an die Universität München, nachher besuchte er noch die meisten andern deutschen Hochschulen, und nach achtjährigem Aufenthalte in Holland ließ er sich dauernd in Bonn nieder. Hier arbeitete er unter Plücker rastlos weiter. Unter seinen Erfindungen sind die Quecksilberluftpumpe, das Vaporimeter und die Geißler'schen Röhren die bekanntesten. Außer zahlreichen andern Anerkennungen wurde ihm auch 1868 von der Universität Bonn die philosophische Doctorwürde honoris causa zuerkannt.

Paul Gervais, verdienter Zoolog, geboren 26. September 1816 in Paris, 1835 Assistent am Museum der Naturgeschichte in Paris, 1841—65 Professor an der Facultät in Montpellier, 1865 an derjenigen in Paris, 1875 an Coste's Stelle Mitglied der Akademie, starb in Paris 10. Februar.

August Heinrich Rudolf Grisebach, Botaniker, geboren 17. April 1814 in Hannover, starb in Göttingen 9. Mai. Nachdem er in Göttingen und Berlin Medicin und Botanik studirt, habilitirte er sich an der Universität Göttingen für die letztere Wissenschaft, unternahm dann wissenschaftliche Forschungsreisen 1839 nach der Türkei, 1842 nach Norwegen, 1850 durch die Pyrenäen, 1852 nach Siebenbürgen, ward 1841 außerodentlicher und 1847 ordentlicher Professor der Botanik und Director des botanischen Gartens. Auf dem Gebiete del Systematik hat er eine großer Fülle exotischer Floren in Katalogform veröffentlicht, vorzüglich aber hat er sich um die Pflanzengeographie verdient gemacht.

Joseph Haardt von Hartenthurm, tüchtiger Kartograph, starb 28. Juli in Wien im Alter von 39 Jahren.

Fr. Handtke, bekannter Kartograph, geboren 7. December 1815 zu Pförten in der Niederlausitz, starb 25. Januar in Glogau. Als langjähriger Vorstand des kartographischen Instituts der Flemming'schen Verlagshandlung hat er die Reymann'sche Karte, die 1844 in den Flemming'schen Verlag und 1875 an den Preußischen Staat überging fortgesetzt, bis er zum Dirigenten der königlichen Redaction der Reymann'schen Karte ernannt wurde.

Emil Hermann Hartwich, um Entwickelung des deutschen Eisenbahnwesens verdienter Ingenieur, geboren 1802 in Bensdorf bei Brandenburg, seit 1824 am Bau des Finow-Canals thätig, 1834 Baurath in Danzig, 1845 mit dem Bau der Stargard-Posener Bahn beschäftigt, 1849 in der königl. preußischen Oberbaudeputation, 1855 auf der ersten Pariser Weltausstellung Präsident der Classe für Eisenbahn- und Transportwesen, übernahm dann die Erweiterungsbauten der Reinischen Eisenbahn und wurde kurz vor Ausbruch des deutsch-französischen Krieges als Wirklicher Geh. Oberregierungsrath in das Bundeskanzleramt berufen, wo er zunächst sich mit der Beschaffung des Eisenbahnmaterials für militärische Zwecke beschäftigte; er starb am Herzschlage 18. März in Berlin. Unter seinen zahlreichen bedeutenden Bauwerken ist die große eiserne Rheinbrücke bei Coblenz durch Kühnheit der Construction und Anmuth der Formen das hervorragendste.

Eduard Heuchler, Gothiker, geboren in Freiberg am 1. Januar 1801, starb daselbst 20. Januar. Nachdem er die Bergschule, sowie 1820—23 die Bergakademie seiner Vaterstadt besucht, studirte er an der Dresdner Bauakademie, sowie an dem damals blühenden Weinbrenner'schen Institut in Carlsruhe Bauwissenschaften, unternahm hierauf eine mehrjährige Reise durch Frankreich und Italien, worauf er zunächst die Stelle eines Zeichenlehrers an der Bergschule, sowie nachher an derBergakademie die Professur der Civilbaukunde erhielt, die er bis 1873 bekleidete. Außer durch eine Anzahl gothischer Bauten, wie Erbbegräbnisse der Familie von Schönberg, den Thurm auf dem Rochlitzer Berge, das Schweden-Monument in Freiberg u. a., hat er sich besonders durch Bloßlegung der Goldnen Pforte am Freiberger Dom bekannt gemacht. Vgl. seine Schrift: „Der Freiberger Dom", 1862.

Sir Rowland Hill, der Urheber des Penny-Portosystems, durch welches der Verkehr der englischen Post seit 1840 eine vorher nie geahnte Ausdehnung angenommen, starb 27. August in Hamstead bei London in dem vorgerückten Alter von 84 Jahren. Der Verstorbene war als Sohn eines Schullehrers zu Kidderminster im Jahre 1795 geboren, war bis 1833 Lehrer und gründete dann Kolonien in Südaustralien. Im Jahre 1837 gab er eine Broschüre heraus, worin er sein neues Postsystem entwickelte, und im nämlichen Jahre setzte das Haus der Gemeinen einen Ausschuß zur Prüfung des Hill'schen Projects nieder. Im darauffolgenden Jahr äußerte sich dieser Ausschuß zu Gunsten des neuen Systems und empfahl im Interesse des Handels und der Industrie dessen Einführung auf das angelegentlichste. In nächster Session wurden dem Parlament über 2000 Petitionen zu

Gunsten des Planes überreicht, und im Jahre 1840 erfolgte unter der Leitung H's. die praktische Einführung der Penny-Post. Durch die ans Ruder gelangte aristokratische Partei wurde H. 1843 aus dem Staatsdienst entlassen; da aber sein Plan von Erfolg gekrönt worden, wurde er im Jahre 1846 durch eine öffentliche Subscription, welche die Summe von 13,360 Pfd. Sterl. ergab, belohnt. Im Jahre 1854 trat er als Secretär des Postamts wieder in den Staatsdienst ein; 1860 erhielt er das Comthurkreuz des Bath-Ordens, — eine Auszeichnung mit welcher die Ritterwürde verknüpft ist, und als er im Jahre 1846 wegen mißlicher Gesundheit seinen Posten niederlegte, wurde ihm sein voller Jahresgehalt von 2000 Pfd. Sterl. als lebenslängliche Pension bewilligt. Im nämlichen Jahre bewilligte ihm das Parlament eine Dotation von 20,000 Pfd. Sterl., die Society of Arts verlieh im ihre erste goldene Medaille, und die Universität Oxford den Ehrengrad eines Doctors der Rechte. Wenige Monate vorſ einem Ende ertheilte ihm die City von London in Anerkennung der dem Lande geleisteten werthvollen Dienste ihr Ehrenbürgerrecht.

Keith Johnston, Sohn des berühmten englischen Kartographen Alexander K. J., in Perthes' geographischer Anstalt in Gotha unter Petermann gebildet, starb, noch nicht 30 Jahre alt, als Führer der von der Königl. Geographischen Gesellschaft in London nach dem Nyassa-See gesandten Forschungsexpedition am 28. Juni in Berobero, 150 engl. Meilen südwestlich von Dar-es-Salaam.

Karl Karmarsch, hervorragender Technolog, geboren 17. October 1803 in Wien, starb 24. März in Hannover. Nachdem er am dortigen Polytechnischen Institut seine Studien gemacht, bekleidete er an demselben mehrere Jahre lang die Stelle eines Assistenten im Lehrfache der Technologie. Erst 20 Jahre alt (1823), gab er einen „Grundriß der Chemie" heraus und zwei Jahre später (1825) eine „Einleitung in die mechanischen Lehren der Technologie" (2 Bände). Im Jahr 1830 erhielt er den Ruf zur Errichtung und Leitung eines Polytechnikums in Hannover, welches 1831 eröffnet wurde. K. wirkte an dieser Anstalt zugleich als Lehrer der Technologie und theoretischen Chemie. Im Jahr 1835 construirte er eine Gravirmaschine zum Copiren von Münzen ꝛc. Um den Gewerbeverein zu Hannover machte er sich verdient durch Redaction der „Mittheilungen" desselben bis 1857. Im Jahr 1844 ward er nebst Professor Rühlmann von der hannoverischen Regierung nach Paris gesandt, um über die damals abgehaltene erste französische Industrie-Ausstellung Bericht zu erstatten. Eine Zeit lang war er auch politisch thätig, da er 1851 Mitglied der ersten Kammer geworden. Die wissenschaftlichen Arbeiten von K. sind sehr bedeutend Außer vielen Beiträgen für Prechtls „Jahrbücher des Polytechnischen Instituts" und für desselben „Technologische Encyklopädie" (zu welcher er die Supplementbände besorgte), für Dinglers „Polytechnisches Journal," für die „Deutsche Vierteljahrsschrift," die „Gegenwart" und „Unsere Zeit," veröffentlichte er selbständig ein „Handbuch der mechanischen Technologie" (2 Bände, 1837 fg.; 4. Aufl., 1866), mit Heeren zusammen ein „Technisches Wörterbuch" (3 Bde., 2. Aufl., 1854), einen „Beitrag zur Technik des Münzwesens" (1856), endlich noch im späteren Alter

die ganz vortreffliche „Geschichte der Technologie" (1872) im Auftrag der königlich bayerischen Historischen Comission zu München. Im Jahr 1875 trat er unter großen Auszeichnungen in den wohlverdienten Ruhestand. (Vgl. K. Karmarsch im Lebensbid von Köyer. 1880)

Philipp Kelland, geboren 17. October 1808 zu Dunstee in Schottland, Anfangs Geistlicher und Fellow von Queens College in Cambridge, seit 1838 Professor der Mathematik an der Universität Edinkurg, starb daselbst 8. Mai.

Karl Heinrich Emil Koch, durch seine Reisen in weitern Kreisen bekannter Botaniker und Dendrolog, starb in Berlin 25. Mai. K. wurde 6. Juni 1809 in Weimar geboren, studirte in Jena und Würzburg, habilitirte sich 1834 in Jena, wo er 1836 außerordentlicher Professor der Botanik wurde, bereiste 1836—38 Rußland und den kaukasischen Isthmus, 1843—44 Kleinasien, Armenien, Kurdistan und die Krim und siedelte 1847 behufs bessererBearbeitung seinerReiseergebnisse nach Berlin über, wo er nachher eine außerordentliche Professur an der Universität erhielt. Sein Hauptwerk ist die „Dendrologie" 2 Bände. 1869—72.

August Karl Krönig, einer der Schöpfer der neuern kinetischen Gastheorie, geboren 20. September 1822 zu Schildesche in Westphalen, lange Zeit hindurch Lehrer am kölnischen Gymnasium und an der kgl. Realschule in Berlin, starb daselbst 5. Juni. Hauptwerk sind die „Grundzüge einer Theorie der Gase." 1856.

Johannes v. Lamont, Director der Sternwarte Bogenhausen bei München, starb 6. August. Geboren als Sprößling eines altschottischen Hochlandclans am 13. September 1805 in Brämor in Nordschottland, ging er 1817 nach Deutschland und ließ sich in Regensburg nieder, wo er im Schottenkloster Astronomie, Mathematik und Physik studirte. Im Jahre 1827 zog er nach München, wurde außerordentliches Mitglied der Akademie, 1828 Assistent und nach Soldners Tode 1833 Director der Sternwarte, 1835 ordentlicher Professor der Astronomie an der Universität. Mit dem großen Refractor der Bogenhausener Sternwarte hat L. vielfache Beobachtungen von Nebelflecken und Sternhaufen angestellt; hauptsächlich aber hat er auf dem Gebiete des Erdmagnetismus eine rege Thätigkeit entwickelt. Von den hierauf bezüglichen Schriften sind das „Handbuch des Erdmagnetismus" 1848 und das „Handbuch des Magnetismus" 1867 bemerkenswerth. Die Wissenschaft und ihr Studium hat er noch dadurch gefördert, daß er letztwillig, einige kleine Vermächtnisse abgerechnet, sein ganzes zurückgelassenes Vermögen von rund 100000 Mark der Universität München vermachte. Dasselbe dient zur Vervollständigung des bereits vor Jahren derselben Universität übermachten Capitals von 42000 Gulden, dessen Zinsen der Testator zu ergiebigen Stipendien für Studirende der Mathematik, Astronomie ꝛc. bestimmte.

G. Eduard Lösche, geboren 3. Januar 1821 in Dresden, nach Vollendung seiner medicinischen Studien und Erwerbung der medicinischen Doctorwürde in seiner Vaterstadt naturwissenschaftlichen Studien lebend, seit 1848 interimistisch mit dem chemischen Unterricht an der Technischen Bildungsanstalt, dem nachmaligen Polytechnicum in

Dresden betraut, nach A. Seebeck's Tode dessen Nachfolger in der Professur der höhern Physik an dieser Anstalt, starb 25. Januar. Von seinen literarischen Leistungen sind eine Reihe naturhistorischer Schilderungen aus der Alpenwelt (1846), Studien über das Meißner Porphyrgebiet, sowie die Schrift: „Ueber periodische Veränderungen des Windes an der Erdoberfläche" (1865) zu nennen.

Ludwig Lose, geboren 26. November 1811 zu Martfeld in Hannover, ursprünglich Pharmaceut, seit 1843 Director der städtischen Seidentrocknungsanstalt in Crefeld, ein sehr fleißiger und sorgfältiger meteorologischer Beobachter, dessen Beobachtungen in den Publikationen des preußischen meteorologischen Instituts veröffentlicht sind, starb 6. November.

Joseph Wilson Lowry, Mitglied der englischen geologischen Gesellschaft, bekannt durch seine trefflichen Stiche geologischer Karten, Abbildungen von Fossilien ꝛc., geboren 7. October 1803, starb im Juli.

John James Mackenzie, Professor der Physik an der Dalhousie University in Halifax, Neuschottland, starb daselbst im Mai im Alter von 32 Jahren. Nachdem er mehrere Jahre an genannter Universität studirt und dann als Lehrer gewirkt hatte, ging er 1873 nach Deutschland, wo er zunächst in Leipzig Physik studirte und 1876 die Doctorwürde erlangte auf eine Arbeit über die Absorption von Gasen durch Salzlösungen. Dann arbeitete er noch ein Jahr unter Helmholtz' Leitung in Berlin, bis ihm 1877 die Professur in Halifax übertragen wurde. Er starb an einem Uebel, das er sich vor Jahresfrist durch Einathmung der Dämpfe einer Bunsen'schen Batterie zugezogen hatte.

Sir Thomas Maclear, der langjährige Director der Sternwarte in der Capstadt, starb hochbetagt 14. Juli in Mowbray in der Nähe der Capstadt. In der Grafschaft Tyrone geboren und in Winchester erzogen, war M. ursprünglich für den ärztlichen Beruf bestimmt, trat aber 1828 in die Astronomische Gesellschaft ein und errichtete in Biggleswade ein kleines Observatorium, wo er nicht nur Beobachtungen anstellte, sondern auch astronomische Rechnungen ausführte, besonders Finsternisse und — in Verbindung mit Henderson — die Bedeckungen des Aldebaran berechnete. 1834 wurde er Henderson's Nachfolger als Königlicher Astronom am Cap, welches Amt er bis zu seinem Rücktritt 1870 bekleidete. Von seinen zahlreichen Arbeiten sind die Bestimmungen der Parallaxen von α und β im Centaur (mit Benutzung der Henderson'schen Beobachtungen) und die neue Messung von Lacaille's Meridianbogen am Cap am bekanntesten.

Amédée, Mangin, Maschinenconstructeur, Erfinder einer Schiffsschraube mit vier Flügeln, starb im 61sten Altersjahre im Juli zu Vittel-les-Eaux (Vosges).

James Clerk Maxwell, hervorragender Physiker, geboren 1831 zu Middlebie bei Edinburg, starb 5. November. M. machte seine Studien an der Universität Edinburg unter Kelland, Forbes und Gregory und seit 1850 in Cambridge, wurde 1855 daselbst Fellow des Trinity College, 1856 Professor der Naturphilosophie am Marischall College in Aberdeen, war 1860—65 in gleicher Stellung an King's

College in London, dann nach mehrjährigem Aufenthalte auf seiner Besitzung in Schottland von 1871 an Professor der Experimentalphysik in Cambridge. Seine Hauptwerke sind „Theory of Heat" (deutsch Braunschweig 1878) und „Treatise on Electricity and Magnetism" (London 1873 2 Bde.).

John Miers, englischer Botaniker, geboren 25. August 1789 in London, starb 17. October. In der Jugend mit mineralogischen und chemischen Studien beschäftigt, führte ihn ein langjähriger Aufenthalt in Chile und den Laplatastaaten, sowie nachher in Brasilien, wo er 1825—33 als Ingenieur thätig war, der Botanik zu. Mit reichen Sammlungen von Pflanzen und Insecten nach England zurückgekehrt, wurde er Fellow der Linnéan Society sowie der Royal Society und bei den Weltausstellungen von 1862 und 1867 Jurymitglied der brasilianischen Abtheilung. Außer Arbeiten in den Schriften der Linnéan Society veröffentlichte er „Illustrations" und „Contributions to South American Botany".

Claude Etienne Minié, französischer Offizier, der sich durch das von ihm erfundene System der Handfeuerwaffen bekannt gemacht hat, geboren 1805 zu Paris, starb daselbst 18. November. M. trat als einfacher Soldat in die Armee, machte mehrere Feldzüge in Algerien mit und avancirte zum Capitän in einem Fuß-Chasseurbataillon. In dieser Stellung fing er an, sich mit Verbesserung der Schußwaffen zu beschäftigen und erfand den nach ihm benannten Carabiner. 1849 wurde er Bataillonschef und mit der Leitung der Schießschule in Vincennes betraut; 1858 trat er aus dem Dienste und leitete nachher eine Waffenfabrik und eine Schießschule in Kairo.

Karl Friedrich Mohr, Pharmaceut und Chemiker, aber auch auf andern Gebieten der Naturwissenschaft vielseitig thätig, geboren 4. November 1806 in Koblenz, nach Absolvirung seiner chemischen Studien in Heidelberg, Bonn und Berlin wieder in seiner Vaterstadt lebend, seit 1840 als Besitzer einer Apotheke, 1864 Privatdocent und seit 1867 Professor der Pharmacie in Bonn, starb daselbst 28. September. Hauptwerke sind die Pharmacopoea universalis (von Geiger begonnen), das „Lehrbuch der pharmaceutischen Technik" 1847, das „Lehrbuch der chemisch-analytischen Titrirmethode" 1855—59, die „Geschichte der Erde" 1866, in welche er die plutonistische Theorie heftig bekämpft, „die mechanische Theorie der chemischen Affinität" 1868 und die „Chemische Toxikologie" 1874.

Sir Thomas Moncreiffe, Präsident der Naturgeschichtlichen Gesellschaft von Perthshire und früher Präsident der Kryptogamischen Gesellschaft von Schottland, ein enthusiastischer Entomolog, Vice-Lieutnant von Perthsire, starb am 16. August im 57. Lebensjahr.

David Moore, Botaniker, seit länger als 40 Jahren Curator des botanischen Gartens der kgl. Gesellschaft in Dublin zu Glasnevin bei Dublin, starb 9. Juni. Er stammte aus Dundee und war früher einige Jahre bei der geologischen Aufnahme von Irland beschäftigt. Von seinen Schriften sind zu nennen: „Notices of British Grasses," „Irish Hepaticae" und „Irish Mosses".

James R. Napier, englischer Schiffsbauingenieur, Gründer

der schottischen Institution of Engnieers, geboren 1821, starb am 13. December in Glasgow.

Henry Negretti, bekannter Optiker und Erfinder eines vielbenutzten Tiefsee-Thermometers, starb am 25. September in London 62 Jahre alt.

Karl Theodor Ludwig Neubauer, verdienter Chemiker, starb 1. Juni in Wiesbaden. Geboren in Lüchow 1830 trat N., nachdem er einige Zeit als Apotheker gearbeitet, 1853 in das Laboratorium von Fresenius in Wiesbaden. Nachdem er sich 1856 als Privatdocent habilitirt, erhielt er 1864 eine Professur. N. war schon seit langer Zeit eine Autorität auf dem Gebiete der analytischen Agricultur- und physiologischen Chemie, insbesondere in der Chemie des Urins und des Weines. Außer zahlreichen Beiträgen in Fresenius' „Zeitschrift für analytische Chemie" schrieb er die „Chemie des Weins" 1870, die ins Englische und Italienische übersetzt wurde, und in Verbindung mit Vogel die „Anleitung zur qualitativen und quantitativen Analyse des Harnes" (7. Aufl. 1876).

Alexander Pagenstecher, berühmter Augenarzt, geb. 21 April 1828 in Idstein, nach vollendeten medicinischen Studien und mehrjährigem Aufenthalt in Paris, London und Berlin (bei A. von Gräfe) seit 1857 Inhaber einer sehr besuchten Augenheilanstalt in Wiesbaden, starb daselbst am 31. December an einer Kopfwunde, die er, von der Jagd heimkehrend, durch die Entladung seines im Schlitten lehnenden Gewehres empfing.

Pollaert, hervorragender belgischer Architekt, Erbauer der königlichen Gruftkirche zu Laeken, der Congreßsäule, der Katharinenkirche und des neuen großartigen Justizpalastes zu Brüssel, starb 3. November.

Eduard Pictet, der Verfasser einer „Synopsis des Neuroptères d'Espagne", zuletzt im Verein mit Ferel mit Untersuchungen über die physicalischen Verhältnisse des Genfer Sees beschäftigt, starb im Mai erst 44 Jahr alt in seiner Vaterstadt Genf.

Heinrich Gottlieb Ludwig Reichenbach, verdienstvoller Botaniker, geboren 8. Januar 1793 in Leipzig, starb am 17. März in Dresden. Nach vollendeten medicinischen Studien in seiner Vaterstadt, begann er als Arzt daselbst zu practiciren, habilitirte sich dann 1815 als Privatdocent der Medicin und Naturkunde und erhielt 1818 eine außerordentliche Professur. Im Jahre 1820 folgte er einem Rufe als Professor der Naturgeschichte an die medicinisch-chirurgische Akademie in Dresden, welches Amt er bis zur Aufhebung dieser Anstalt 1862 bekleidete; zugleich übernahm er bis 1874 die Leitung des naturhistorischen Museums, sowie die Anlegung und Direction eines botanischen Gartens. Mehr als 200 größere und kleinere Schriften mit zusammen gegen 6000 Abbildungen sind von ihm veröffentlicht worden.

Lady Sabine, seit 1827 Gemahlin von Sir Edward Sabine und treue Gehilfin bei seinen wissenschaftlichen Arbeiten, auch Uebersetzerin von Humboldt's „Kosmos" und „Ansichten der Natur", starb 28. November im Alter von 72 Jahren.

Alexander Sadebeck, ordentlicher Professor der Mineralogie und Geologie an der Universität Kiel, starb daselbst 9. December an

einer Gehirnentzündung. S. war ein Sohn des Sectionschefs Prof. M. S. im geodätischen Institute in Berlin und mehrere Jahre hindurch Privatdocent an der Berliner Universität, während er zugleich auch an der dortigen Bauakademie Mineralogie und Geologie vortrug.

William Wilson Saunders, geboren 4. Juni 1809 in Kirtlington, eine Zeitlang Ingenieuroffizier im Dienste der Ostindischen Compagnie in Indien, seit seiner Rückkehr nach England 1831 erst in Wandsworth, 1857—73 in Hallfield, Reigate, in den letzten Jahren in Worthing lebend und mit Gartenbau und Entomologie, sowie mit der Bearbeitung seiner reichen botanischen und entomologischen Sammlungen beschäftigt, starb 13. September.

Julius Schiedmayer, Inhaber einer berühmten Pianoforte- und Harmonium-Fabrik, der dritte Sohn des Begründers der Würtembergischen Pianoforte-Fabrication, Joh. Lorenz S., welcher 1809 mit C. F. Dieudonné diese Fabrication nach englischem Muster in Deutschland einführte, starb 27. Januar in Stuttgart.

Gottfried Semper, berühmter Architekt, geboren 29. März 1803 in Altona, starb 15. Mai in Rom. S. studirte 1822—25 an der Universität Göttingen, dann Architektur in München, Regensburg und Paris, worauf er Italien und Griechenland bereiste, lebte 1834—49 als Professor der Architektur in Dresden, wo er das Antikencabinet decorirte, das Theater (1869 abgebrannt), das Maternihospital und das Museum baute, mußte aber wegen Theilnahme an den Maiereignissen 1849 flüchten und ging nach Paris und London, 1835 aber an das Polytechnicum nach Zürich, wo er das neue Gebäude des Polytechnicums und die Sternwarte, sowie das Rathhaus in Winterthur erbaute, und wurde 1871 nach Wien berufen, um die Burg, die damit in Verbindung stehenden Museen und das Theater auszubauen; sein letztes großartiges Werk ist das neue Dresdner Theater. Unter seinen literarischen Arbeiten ist „Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten" 1860—63, 2 Bde., epochemachend.

Franz Leopold Sonnenschein, Chemiker, geboren 13. Juli 1817 in Köln, anfangs Pharmaceut, dann, nachdem er in Berlin Chemie studirt, 1852 Privatdocent an der dortigen Universität, später Professor, starb 26. Februar. Von selbständigen Werken schrieb er „Anleitung zur chemischen Analyse", Berlin 1852; „Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse", das. 1864; „Handbuch der gerichtlichen Chemie", das. 1869; „Handbuch der analytischen Chemie", 2 Bde., das. 1870—71.

Thomas Sopwith, englischer Civilingenieur und Verfasser verschiedener Schriften über Architektur, Bergbau und isometrisches Zeichnen, geboren 1803 zu Newcastle on Tyne, starb 16. Januar zu Westminster.

Eduard Spach, geboren 20. November 1801 in Straßburg, seit 1842 in Paris lebend, wo er mit dem berühmten Pflanzen-Physiologen Mirbel mehrere bedeutende Arbeiten, insbesondere über Coniferen veröffentlichte, seit 1828 am Jardin des Plantes als Assistent und Conservator der botanischen Sammlungen beschäftigt, starb in der Nacht vom 17. zum 18. Mai. Seine Hauptwerke sind die „Histoire naturelle

des végétanx phanérogames" (14 Bde. mit Abbildungen, 1834—48) und die „Illustrationes plantarum orientalium", 5 Quartbände mit 500 Tafeln, die er 1842—57 gemeinsam mit Graf Jaubert veröffentlichte. Außerdem schrieb er noch zahlreiche Monographien und die botanischen Artikel in d'Orbigny's Dictionnaire.

Georg Spieß, geboren 6. Februar 1852 in Bamberg, nach Vollendung seiner naturwissenschaftlichen Studien in München Bibliothek-Secretär der kaiserl. Leopoldinisch-Carolinischen Akademie, starb 4. Mai in Halle.

Philipp Spiller, Physiker und fruchtbarer naturwissenschaftlicher Schriftsteller, längere Zeit Lehrer am Gymnasium in Posen, später in Berlin lebend, starb daselbst 15. Januar. S. war 26. September 1800 in Einsiedel bei Reichenbach in Böhmen geboren.

Dortet de Tessan, französischer Hydrograph, geboren 25. August 1804 in Vigan (Dep. Gard), starb in Paris 30. September. Nachdem er die Polytechnische Schule in Paris besucht, arbeitete er 1825—30 mit Beautemps-Beaupré an der Karte der Küsten Frankreichs, nahm 1831—35 mit Capitän Bérard die Küste von Algier auf, und begleitete dann 1837—39 als Hydrograph und Meteorolog die Expedition der Fregatte Venus unter Dupetit-Thouars um die Erde; nachdem er einige Jahre der Verarbeitung seiner Reisebeobachtungen gewidmet, machte er 1847 eine Aufnahme der Gironde und später der Rhede von Cherbourg. 1861 wurde er an Daussy's Stelle in die Akademie aufgenommen.

Georg Karl Justus Ulrich, der Nestor der Universität Göttingen, starb 30. März. Geboren zu Göttingen 29. April 1798, besuchte U. das dortige Gymnasium und die Universität, diente 1813 und 1814 unter General Wallmoden, habilitirte sich 1817, wurde 1821 außerordentlicher und 1831 ordentlicher Professor der Mathematik.

Wilhelm Georg Valentin, Chemiker, geboren 16. Mai 1829 zu Neuenburg im Schwarzwald, seit 1855 in London lebend, Schüler Hoffmann's, Verfasser verschiedener Lehrbücher, starb 1. Mai.

Eugène Emanuel Viollet le Duc, geb. 27. Januar 1814 in Paris, berühmter Architekt, bekannt durch seine Restaurationen der Sainte Chapelle in Paris, der Notre Dame-Kirche, des Domes von Amiens, sowie der Schlösser von Pierrefort und Eu, starb 18. September in seinem Landhause am Genfersee. Unter seinen schriftstellerischen Leistungen ist besonders zu nennen: „Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI.—XVI. siècle (10 Bde., Paris 1854—68.)

Paolo Volpicelli, hervorragender Physiker, geboren 8. Januar 1804 in Rom, starb daselbst 14. April. V. war ursprünglich für den ärztlichen Beruf bestimmt, verließ aber dieses Studium bald und wandte sich auf der Universität Rom mathematischen und physikalischen Studien zu, ward dann Professor der Physik an derselben Universität und 1873 Professor der mathematischen Physik; daneben ertheilte er noch am Römischen Seminar und dem St. Michaels-Hospital Unterricht und stand 30 Jahre der von ihm gegründeten Artillerieschule vor. Als Pius IX. 1847 die berühmte Akademie der Luchse (Accademia dei Lincei) wieder ins Leben rief, wurde V. deren Secretär. In den Schriften

dieser Akademie und in den Comptes rendus der Pariser Akademie sind die meisten seiner Arbeiten niedergelegt, die sich vornehmlich mit der Elektricität beschäftigen.

Johann Eduard Wappäus, Geograph und Statistiker, sowie vieljähriger Redacteur der „Göttinger Gelehrten Anzeigen und Nachrichten," Consul der Republik Argentina, starb in Göttingen 16. December. Geboren 17. Mai 1812 zu Hamburg als Sohn eines dortigen Rheders, vorgebildet auf den Schulen seiner Vaterstadt, widmete er sich anfangs auf der Akademie zu Möglin 1830/31 der Landwirthschaft; aber durch Rücksichten auf seine zarte Gesundheit genöthigt diese Laufbahn zu verlassen, bezog er die Universität Göttingen zum Studium der historischen Wissenschaften, machte 1833—34 eine Seereise nach den Cap-Verde'schen Inseln und Südamerika, vollendete dann seine Studien in Berlin, Bonn und Paris und habilitirte sich 1838 in Göttingen als Privatdocent für Geographie und Statistik. Seitdem hat er daselbst seit 1845 als außerordentlicher, seit 1854 als ordentlicher Professor, eine mehr als vierzigjährige, nur durch Kränklichkeit mehrfach unterbrochene Lehrthätigkeit geübt, und zugleich einen weit ausgebreiteten brieflichen und geschäftlichen Verkehr mit fernen Landen, insbesondere mit den südamerikanischen Staaten, geführt, wie denn auch seine schriftstellerische Thätigkeit vorzugsweise der amerikanischen Geographie und Entdeckungsgeschichte gewidmet war. Von seinen literarischen Arbeiten sind besonders zu nennen seine „Untersuchungen über die geographischen Entdeckungen der Portugiesen unter Heinrich dem Seefahrer" 1842; „Darstellung der geographischen und statistischen Verhältnisse der Republiken Südamerika's" 1843; „Deutsche Colonisation und Auswanderung" 1846 und 1848; „Beiträge zur Kunde Südamerikas" 1848; „Allgemeine Bevölkerungsstatistik," 2 Bde. 1859 und 1861; wohl am bekanntesten aber ist seine Mitarbeit an dem „Handbuch der Geographie und Statistik" von Stein und Hörschelmann, für welches er die auf Amerika und Brasilien bezüglichen Theile der neuen Bearbeitung geliefert hat. Neben diesen geographischen Arbeiten beschäftigten ihn in den letzten Jahren noch zwei biographische Denkmale für verstorbene Göttinger Gelehrte, nämlich Vorstudien für eine Lebensbeschreibung des im Jahre 1772 verstorbenen Historikers und Statistikers, G. Achenwall, die leider nicht zum Abschluß gekommen sind, besonders aber die Sammlung und Herausgabe des Briefwechsels zwischen Carl Ritter und dem Mineralogen Hausmann, dem Schwiegervater des Entschlafenen, welche Arbeit er noch vollenden konnte.

Thomas Wills, Chemiker, geboren 1850 in Devonshire, seit 1873 Demonstrator am Royal Navy College, mehrere Jahre hindurch Secretär der chemischen Section der British Association, sowie der Rocirty of Arts, starb im Mai.

Bennet Woodcraft, geboren zu Bennet Grange bei Sheffield im December 1803, studirte unter Dalton in Manchester, trat dann in seines Vaters Fabrik ein, war 1847—51 Professor des Maschinenwesens am University College in London und 1852—1876 Superintendent der Specificationen des Londoner Patent-Amtes; seitdem im Ruhestand in Brompton lebend, starb er 7. Februar.

Yarnall, seit 27 Jahren Astronom am Naval Observatory zu Washington, starb daselbst 27. Februar im Alter von 72 Jahren. Außer einer Reihe anderer Arbeiten in den Publicationen dieser Sternwarte ist besonders der als Anhang zum Jahrgang 1871 veröffentlichte Katalog zu nennen, der die Oerter von mehr als 10000 Fixsternen auf Grund von Beobachtungen aus den Jahren 1845—71 angiebt; eine zweite, ebenfalls von ihm besorgte Ausgabe dieses Washington General Catalogue erschien Anfang vorigen Jahres.
